

Liisa Kemppainen

Infrahankkeen 3D-tuotemallinnusprosessin arviointi ja kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Insinöörityö
23.4.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Liisa Kemppainen Infrahankkeen 3D-tuotemallinnusprosessin arviointi ja kehittäminen 46 sivua + 4 liitettä 23.4.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Päivi Jäväjä Juho Siipo Niklas von Schantz
<p>Insinöörityön aiheena oli koordinointimalli, jonka käyttöä arvioitiin. Ramboll Finland Oy on mukana InfraFINBIM -projektissa, jonka tavoitteena on saattaa koordinointimalli Suomen infra-alalle.</p> <p>Insinöörityön tavoitteena oli selvittää, kuinka tuotemallinnusprosessia voidaan kehittää. Päämääränä oli tuottaa kehitysideoita, joita Ramboll voi hyödyntää koordinointimallihankkeissa. Tutkimus aloitettiin tutustumalla teoriaan ja aikaisempiin projekteihin sekä Norjassa toimivaan mallintamiseen. Tutkimusmenetelmänä toimi kirjallisuustutkimus ja haastattelut, joihin vastasi Rambollin pilottihankkeen projektiryhmä. Haastatteluiden tuloksista saatiin kattava kuva, kuinka koordinointimalli toimii ja mitkä ovat sen hyödyt ja haasteet. Tulosten pohjalta luotiin kehitysideoita koordinointimalliprosessin parantamiseen.</p> <p>Olenaiset tulokset painottuivat koulutuksen tarpeellisuuteen ja yhteistyön kehittämiseen ohjelmistotoimittajien kanssa. Myös projektiryhmän yhtenäisyys ja asenne nousivat selkeästi esiin kehitettävissä asioissa. Tutkimuksessa eriteltiin ohjeita aikatauluun, roolijakoon ja yhteistyön hallinnoimiseen. Rambollin ja InfraFINBIM -projektin kehitysideat ryhmiteltiin erikseen.</p> <p>Tuloksista voitiin todeta, että Rambollilla on hyvät edellytykset siirtyä koordinointimallintamiseen. Pilottihankkeiden kautta Ramboll pystyy hiomaan rutinejaan ja ottamaan lopulta käyttöön koordinointimallin. Tulevaisuuden suunnitelmat eivät jää vain koordinointimallin tasolle, vaan suunnitelmassa on pyrkimys edistyneemmän mallin käyttöön.</p> <p>Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää infrahankkeissa, joissa koordinointimalli on käytössä, näin ollen sitä voidaan vielä kehittää eteenpäin. Tutkimus antaa kehitysideoita prosessin edistämiseen ja selostaa miksi koordinointimallia tulisi käyttää. Näin siitä on hyötyä myös hankkeissa, joissa vielä kaivataan koordinointimallin hyötyjä.</p>	
Avainsanat	Tuotemallinnus, koordinointimalli, InfraFINBIM

Author Title Number of Pages Date	Liisa Kemppainen Evaluation and Development of Infrastructure Project in 3D Product Modeling 46 pages and 4 appendices, 23 th of April
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Infrastructural Engineering
Instructors	Päivi Jäväjä, Principal Lecturer Juho Siipo, Head of Unit Niklas von Schantz, Master of Science
<p>The topic of this research was a coordination model, in which product modeling was evaluated. Ramboll Finland Oy is involved with InfraFINBIM project of which goal is to help launch a coordination model in the Finnish infrastructure field.</p> <p>The aim of the final thesis was to resolve how product modeling process can be developed. The purpose was to produce improvement ideas that Ramboll can use in the future coordination model projects. Investigating theory and earlier projects together with active modeling in Norway started the research. An interview; which was answered by designers from Ramboll's pilot project; was the research method. The outcome from the interview gave a good view of how a coordination model works and what are the benefits and disadvantages. Improvement plans for how to elaborate the coordination model were made based on the results.</p> <p>Essential results showed how necessary education is and how collaboration with the software suppliers has to be improved. Also the unity and attitude inside the project group was on the list of improvements. Instructions for the timetable, roles and co-operation management were specified in the research. Elaboration ideas for Ramboll and InfraFINBIM –project were itemized.</p> <p>The results showed that Ramboll has good qualifications to use a coordination model. Through the pilot projects Ramboll can refine routines and finally take coordination model into use. Future plans will not stop at the coordination model. There is a tendency to develop an even more advanced model.</p> <p>Results can be used in infrastructure projects, which are already using it or in projects where their use are under consideration. The study gives improvement ideas for process promotion and explains why companies should use a coordination model.</p>	
Keywords	Product modeling, coordination model, InfraFINBIM

Sisälllys

Määritelmät

1	Johdanto	1
1.1	Yleistä	1
1.2	InfraFINBIM	1
1.3	Ramboll	3
1.4	Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät	3
2	3D-mallintaminen ja tuotemallintaminen infrasuunnittelussa	4
2.1	3D-mallintaminen	4
2.2	Historiaa	4
2.3	Tuotemallintaminen vs. 3D-mallintaminen	5
2.4	Tuotemallintaminen infrasuunnittelussa	5
2.4.1	Koordinointimalli	7
2.4.2	Virtuaalimalli	7
2.4.3	Tiedonsiirto	7
2.4.4	3D-tuotemallintamisen haasteet ja hyödyt	9
2.4.5	Tuotemallinnus Norjassa	12
3	Koordinointimalli	12
3.1	Yleistä	12
3.2	Maastomalli	13
3.3	Maaperämalli	14
3.4	Nykyiset rakenteet	15
3.5	Tekniikkalajimallit	16
3.5.1	Yleistä	16
3.5.2	Tiesuunnittelu	17
3.5.3	Geosuunnittelu	17
3.5.4	Siltasuunnittelu	18
3.5.5	Liikennesuunnittelu	20
3.5.6	Maisemasuunnittelu	21
3.5.7	Valaistussuunnittelu	21
4	Pilottihanke: Sepänkylän ohikulkutie	22

4.1	Yleistä	23
4.2	Hankkeen esittely	23
4.3	Hankkeen kulku	25
4.4	Koordinointimallin hyödyt	28
5	Haastattelut	30
5.1	Toteutus	30
5.2	Tulokset	30
5.2.1	Projektipäällikkö	30
5.2.2	Mallikoordinaattori	33
5.2.3	Suunnittelijat	36
6	Johtopäätökset	38
6.1	Ramboll	38
6.2	InfraFINBIM	41
6.3	Tulevaisuus	42
7	Yhteenveto	44
	Viiteluettelo	46
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelulomake: Projektipäällikkö	
	Liite 2. Haastattelulomake: Mallikoordinaattori	
	Liite 3. Haastattelulomake: Suunnittelijat	

Määritelmät

CAD	<i>Computer-aided Design</i> . Tietokoneavusteinen suunnittelu, jota muun muassa insinöörit ja arkkitehdit käyttävät suunnittelun apuvälineenä.
Geotekniikka	Käsittelee maa- ja kallioperän ominaisuuksia. Sitä tarvitaan maa- ja pohjarakentamisessa, koska geotekninen suunnittelu määrittelee käytettävät perustamistavat.
Infrastrukturi	Yhteiskunnan infrastrukturi eli perusrakenne muodostuu rakenteista ja palveluista, joiden avulla yhteiskunta toimii. Tekniseen infrastruktuuriin kuuluvat liikenneverkot, tietoliikenneverkot, jäte- ja vesihuolto sekä viher- ja vesialueet.
Koordinointimalli	Koordinointimalli on eri rakennusosista koottu yhteinen malli, joka kuvaa aina ajantasaista tilannetta. Malli näyttää osien väliset konfliktit ja ohjaa suunnittelemaan paremmin.
LandXML	XML on lyhenne sanoista <i>eXtensible Markup Language</i> . LandXML on formaatti, jota käytetään tiedonsiirtoon ja dokumenttien tallentamiseen. (1.)
Objekti	Tässä: liikenneverkostoon kuuluva osa kuten liikennemerkki, silta, puiston penkki ym.
Site tool	Novapointin työkalu, jolla voidaan tarkastella väyläsuunnitelmia. Tarvittaessa suunnitelmia voidaan myös muokata ohjelman avulla. Ohjelma on tarkoitettu mittausoperaattoreiden käyttöön esimerkiksi työmaalle. (43.)
Takymetri	Mittalaite, jota käytetään maanmittauksessa. Sillä mitataan pisteelle vinoetäisyys sekä vaaka- ja pystykulmat kojeeseen nähden.

Tekes	Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus, joka rahoittaa sekä aktivoi tutkimus- ja kehitysprojekteja.
Tekniikkalaji	Tässä: Eri suunnittelualat kuten väylä-, silta-, geo- ja maisemasuunnittelu.
Tuotemalli	Tuotemalli on kuin virtuaalinen pienoismalli, josta löytyvät eri tuotteiden tiedot: sillan mitat, materiaalit ja kestävyys. Malli sisältää koko rakennusprosessin elinkaaren aikaiset tiedot digitaalisessa muodossa. (1.)
Virtual Map	Novapointin työkalu rakennushankkeiden suunnitelmien virtuaaliseen mallintamiseen sekä visualisointiin.

1 Johdanto

1.1 Yleistä

Infrasuunnittelussa ollaan siirtymässä perinteisestä suunnittelusta tuotemallintamiseen. Suomessa siirtyminen on ollut hidasta ja siksi erilaisia hankkeita on käynnistetty nopeuttamaan muutosta. InfraFINBIM on yksi kehityshankkeista, joka ajaa tätä prosessia. Ramboll Finland Oy on lähtenyt mukaan InfraFINBIM:iin ja kehittää itselleen uutta toimintamallia suunnitteluprosesseihin. Ramboll Finland Oy:llä on hyvänä esimerkkinä Rambollin Norjan toimipiste, jossa tuotemallinnus on ollut käytössä jo monta vuotta.

3D:tä on käytetty suunnittelun apuna jo kauan, mutta vain katselumallina. Tuotemalli kokoaa suunnittelun eri osa-alueet yhteen säilyttäen sekä tiedon että katseltavuuden. Tätä yhteistä mallia kutsutaan koordinointimalliksi. Malli tuo esiin virheet ja konfliktit helpommin kuin perinteiset suunnittelumenetelmät, mikä helpottaa merkittävästi suunnittelijoiden työtä. Haasteina uuteen prosessiin siirtymisessä ovat erilaiset ohjelmistot ja tiedonsiirto niiden välillä.

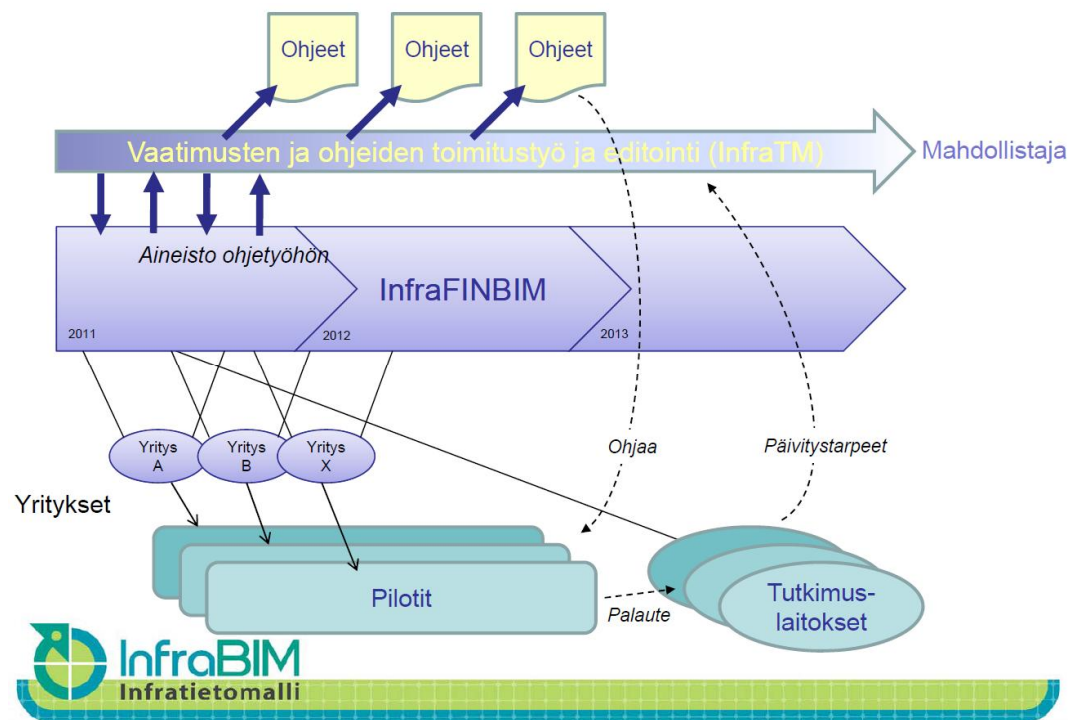
Työssä paneudutaan koordinointimalliin ja sen muodostumiseen eri osista. Koordinointimalliprosessin kulkua seurataan todellisessa projektissa ja näin pystytään vertailemaan sen hyötyjä perinteiseen suunnitteluun verrattuna. Projektiryhmän haastatteluisissa päästään arvioimaan projektin onnistumisen edellytykset ja laatimaan kehityssuunnitelma tuleville projekteille. Kehitysideoiden tavoitteena on helpottaa Rambollin siirtymistä koordinointimalliin ja auttaa tuotemallinnuksen kehittämistä.

1.2 InfraFINBIM

InfraFINBIM on yhteinen kehityshanke, jonka tavoitteena on kehittää uusia toimintamalleja Suomen infrarakentamisen 3D-mallipohjaiseen suunnitteluun. Se on lähtenyt liikkeelle Infra TM -hankkeen pohjalta, joka toteutettiin 2009–2011. Hankkeen päämääränä oli vauhdittaa infra-alan muutosta ja luoda avoin InfraBIM-tietomalli. InfraFINBIM on yksi kuudesta Building Environment PRE-ohjelman työpaketista, jonka Tekes rahoittaa. Ohjelma on aloitettu jo vuonna 2010 ja se jatkuu vuoden 2013 loppuun. InfraFINBIM-visio on:

Vuonna 2014 suuret infran haltijat tilaavat vain mallipohjaista palvelua, joita hyödynnetään kaikissa projektin vaiheissa, alkaen suunnittelun tilauksesta päättyen kunnossapitovaiheeseen (2).

Projektissa on mukana kahdeksantoista eri organisaatiota, jotka koostuvat muun muassa Liikennevirastosta, kaupungeista, suunnittelijoista, urakoitsijoista, ohjelmistotoimittajista ja tutkimuslaitoksista. Vähäinen yhteistyö on tähän asti jarruttanut yritysten mahdollisuuksia toteuttaa ja kehittää tietomallipohjaisia liiketoimintaprosessejaan. Ohjelman tavoitteena on kehittää, tutkia ja määrittää yhteistyössä infra-alan toimijoiden kanssa asiakokonaisuudet, joiden pohjalta prosessia päästään edistämään. Systemaattisen muutoksen jälkeen tuloksena syntyy kattava tuotemalleja hyödyntävä palvelutuotanto, jossa perinteisestä vaiheajattelusta on siirrytty älykkääseen koko elinkaaren, kaikkien osa-alueiden, toimijoiden ja toimintojen kattavaan malliin. Muutoksen myötä suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon tuottavuus paranee olennaisesti. (3; 2.)



Kuvio 1. Infra-alan tuotemallien vaatimukset (4).

Projektin tuotoksena saadaan ohjeita ja vaatimuksia tuotemallinnukselle (kuvio 1). Ohjeet työstetään ja testataan käytännön piloteissa ennen kuin Rakennustietosäätiö julkaisee ne InfraFINBIM-hankkeen kautta. Sepänkylän ohikulkutie -projekti toimii Rambolin pilottiprojektina tuotemallinnukselle. Samalla se toimii myös yhtenä piloteista Inf-

raFINBIM-hankkeelle. Työssä seurataan projektin kulkua arvioiden, miten tuotemallinnusprosessi etenee ja mitä hyötyä siitä on InfraFINBIM:lle. (2.)

1.3 Ramboll

Ramboll Finland Oy on osa kansainvälistä Ramboll Groupia, joka on asiantuntijayritys, ja jonka palveluksessa toimii lähes 10 000 työntekijää. Ramboll Finland Oy toimii erilaisissa konsultti- ja asiantuntijatehtävissä, jotka liittyvät infrastruktuurin ja ympäristön suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon, energia- ja voimalaitostekniikkaan, teollisuuden sähkö- ja automaatio suunnitteluun sekä talonrakennukseen. Suomessa Rambollilla on 1300 asiantuntijaa 26 paikkakunnalla. (5.)

Infrastruktuurin monialainen suunnittelu on yksi Ramboll Finland Oy:n perinteisimmistä osaamisalueista. Infra-alaan kuuluva tie- ja liikennesuunnittelu on ollut osa Rambollin ydinosaamista jo koko 45-vuotisen historian aikana. Rambollilla ollaan infrasuunnittelussa siirtymässä 2D-piirustusten ja dokumenttien tuottamisesta niin sanottujen älykkäiden 3D-mallien tuottamiseen. Rambollin on kehitettävä toimintaansa vastatakseen uusiin vaatimuksiin ja haasteisiin. Tällä hetkellä nykyinen tiedonsiirto sisäisesti eri alojen, kuten tie-, geo-, silta-, liikenteenohjaus- ja maisemasuunnittelun, välillä on pääosin vain 2D-muodossa. Vain väylämalleja pystytään tuottamaan ja siirtämään 3D:nä. Tavoite olisi, että kaikki tieto saataisiin yhteiseen 3D-malliin samassa muodossa. Näin yhteistyö ja tiedonsiirto eri tekniikkalajien välillä helpottuisivat. (5; 6.)

1.4 Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miten tuotemallinnusprosessia voidaan kehittää Rambollilla. Arviointi toteutetaan seuraten todellista mallinnusprojektia. Tavoitteena on tuottaa kehitysideoita, joita voidaan hyödyntää meneillä olevaan InfraFINBIM-hankkeeseen. Kehitysideat antavat vastaukset kysymyksiin: Mikä meni hyvin ja mitä voidaan parantaa?

Näkökulma tutkimuksessa on 3D-tuotemallinnuksen kehittäminen infrasuunnittelussa. Työ rajataan Sepänkylän ohikulkutie -projektiin ja sen arviointiin. Arvioinnin pohjalta muodostetaan koordinoitumallille kehitysideoita. Ensin arvioidaan nykyiset käytännöt

ja menetelmät mitä Ramboll Finland Oy käyttää. Verrattaessa lähtökohtia pilottihankkeeseen voidaan kehittää uutta ohjeistusta tuotemallinnusprosessille. Tutkimusaineistona käytetään internetin ja alan kirjallisuuden lisäksi Rambollin asiantuntijoiden haastatteluja ja heiltä saatua aineistoa.

Aiheeseen tutustuminen alkaa kirjallisuustutkimuksella. Aihe on erittäin uusi Suomessa, joten työssä on tukeuduttava myös Rambollilta saatavaan materiaaliin, kuten Power-Point-esityksiin. Rambollin nykyiset käytännöt ja menetelmät selvittää haastattelemalla projektin suunnittelijoita, mallikoordinaattoria ja projektipäällikköä. Ramboll Finland Oy:n Oulun yksikkö vastaa haastatteluun, jonka avulla etsitään kehitysideoita myös itse suunnittelijoilta.

2 3D-mallintaminen ja tuotemallintaminen infrasuunnittelussa

2.1 3D-mallintaminen

Mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden kolmiulotteista suunnittelua. Kappaleet ja niiden osat näyttävät oikeilta ja niille annetaan kaikki todellisuutta vastaavat fysikaaliset ominaisuudet. Mallia tarkastellaan suunnittelun aikana eri tavoin, jotta laatu ja suunnitelmien mukaisuus voidaan varmistaa. Kaikki tarkasteluvaiheet tähtäävät siihen, että tuotteesta saadaan toimiva kokonaisuus, joka vastaa alkuperäisiä suunnitelmia. (6,s.10; 7, s.17–20.)

2.2 Historiaa

Tietokoneiden käyttö suunnittelutoimistoissa alkoi laskennasta, joka oli aikaisemmin tehty aikaa vievänä käsityönä. Tietokoneita käytettiin maanmittauksen ja kunnallistekniikan laskennoissa sekä rakennesuunnittelun ja lujuuslaskennan apuvälineenä. Se helpotti suunnittelua nopeudellaan, tarkkuudellaan ja huomattavasti pienemmillä kustannuksillaan. 1970-luvulla Tiehallinto maksoi suunnittelutoimistoille korvausta tietokonesuunnittelusta, joka kiihdytti ohjelmistojen käyttöä. 1990-luvulla tietokoneet alkoivat olla jo osa suunnittelutoimiston arkea. Tekniikan kehittyessä tietokoneita pystyivät käyttämään muutkin kuin koulutetut ATK-suunnittelijat. (1,s.25–26; 8.)

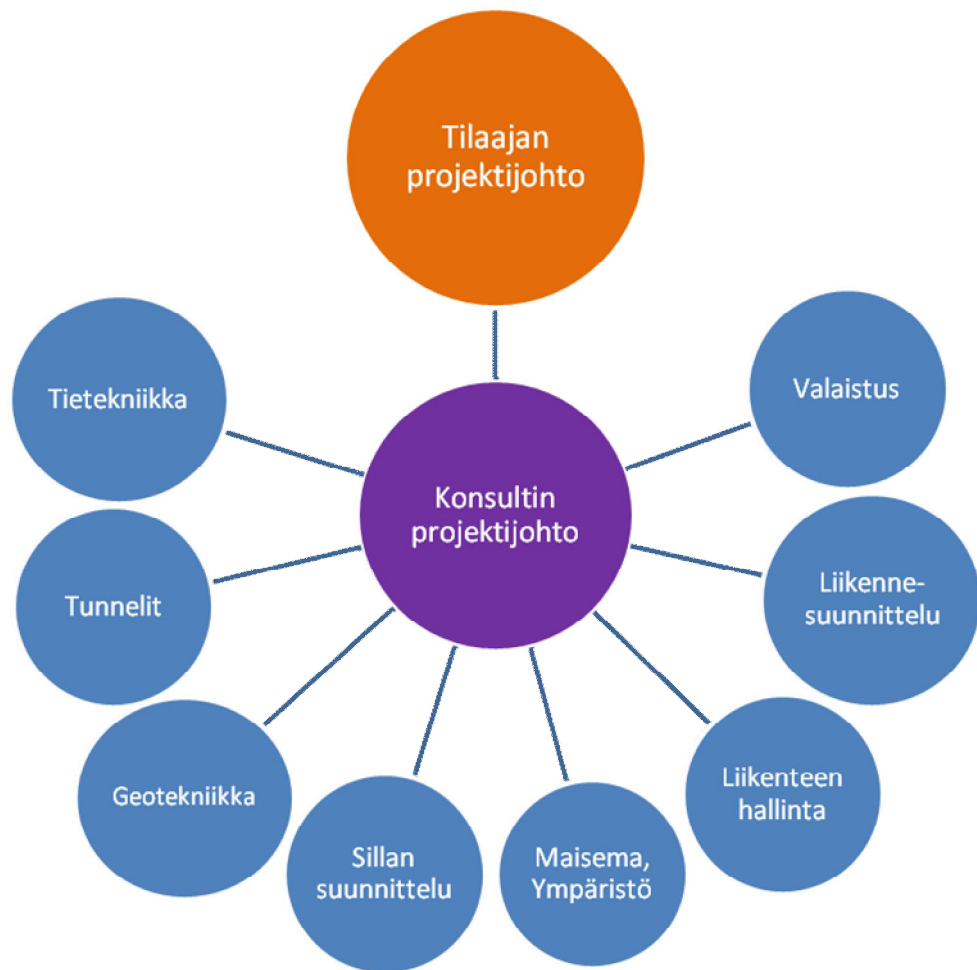
Rakennusten suunnittelu on muuttunut käsin piirtämisestä digitaaliseksi CAD-suunnitteluksi. Perinteisestä 2D CAD -suunnittelusta, niin sanotusta CAD-piirtämisestä, on siirrytty 3D-suunnitteluun. Teiden suunnittelu on tullut rakennusten suunnittelua jäljessä, mutta nyt siihen ollaan kiinnittämässä enemmän huomiota. Infra-alan haasteina ovat olleet hankkeiden monimuotoisuus ja monimutkaisuus – tietoa on liikaa. Jo pienemmissäkin infraprojekteissa oleellisen tiedon kerääminen valtavasta tietomassasta on hankalaa. (9,s.3; 1,s.26.)

2.3 Tuotemallintaminen vs. 3D-mallintaminen

3D-mallintaminen ei ole sama asia kuin tuotemallintaminen. Kummassakin esitetään tien muoto kolmiulotteisesti, mutta tuotemallissa muodon lisäksi kuvataan tien osat ja niihin liittyvät tiedot. 3D-mallintaminen tehdään usein visualisoinnin avuksi, mutta tuotemallissa työskennellään. Siihen tallennetaan tietoa ja siitä saadaan poimittua tietoa. Tuotemallin avulla tietoa pystytään tallentamaan ja siirtämään rakennushankkeen eri osapuolten välillä nopeammin, luettavammin ja tehokkaammin verrattuna perinteisiin menetelmiin, kuten 3D-ohjelmista tulostettuihin piirustuksiin. (9,s.3–9.)

2.4 Tuotemallintaminen infrasuunnittelussa

Infrasuunnittelu on monimuotoinen ja useimmiten vaiheittain tarkentuva prosessi. Suunnitteluun osallistuu useita eri tekniikkalajien suunnittelijoita ja asiantuntijoita. Siksi hankkeen onnistumisen kannalta tiedonhallinta hankkeen eri vaiheissa on keskeistä. Toimivan suunnittelutuloksen saavuttamiseksi tiedon on kuljettava esteittä eri osapuolten välillä. Tämän vuoksi viime vuosina infrarakenteiden suunnittelua on alettu tehdä yhä enemmän tietotekniikkapohjaisesti ja tuotemallia hyödyntäen. Tietotekniikkapohjaisella suunnittelulla nopeutetaan ja helpotetaan hankkeen eri osapuolten välistä tiedonsiirtoa. Mallien avulla parannetaan myös suunnitelmien laatua sekä vähennetään suunnitteluvirheitä. (1, s.6–11.)



Kuvio 2. Suunnitteluprojektiin osallistuvat useat eri tekniikkalajit. Kuva on tehty Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu -kirjan kuvan pohjalta. (1,s.11.)

Infraprojektit ovat usein monialahankkeita riippumatta kohteesta, hanketyypistä tai suunnittelutarkkuudesta. Kuviosta 2 nähdään, että tyypillisiä suunnittelualoja tiehankkeessa ovat muun muassa tietekniikka, tunnelit, geotekniikka, sillat, maisema ja ympäristö, liikenteenohjaus ja liikennetekniikka sekä valaistus. (1,s.11; 6,s.2.)

Suunnittelutyössä eri tekniikkalajien suunnittelijat käyttävät omia suunnittelutehtäviään varten kehitettyjä ohjelmistoja ja sovelluksia. Oleellista erilaisten työkalujen käytössä on, että suunnittelijat voivat työstää samaa suunnitelmaa ja hyödyntää samoja lähtötietoja ajasta ja paikasta riippumatta. (1,s.12.)

2.4.1 Koordinointimalli

Koordinointimalli on eri tekniikkalajien suunnitelmista koottu yhteinen malli, joka koostuu maastomallista, maaperämallista, nykyisistä rakenteista sekä suunnittelun eri tekniikkalajeista. Koordinointimalli on osa tuotemallinnusta. Se on ajantasainen tuotemalli, jonka tavoitteena on havainnollistaa aineisto- ja suunnitteluvirheet sekä osakokonaisuuksien väliset konfliktit, joita perinteisillä suunnittelumenetelmillä on vaikeampi havaita. Koordinointimallin osat suunnitellaan erikseen ja lopuksi liitetään yhteiseen malliin. Eri tekniikkalajien suunnittelijat voivat työstää suunnitelmiaan omilla ohjelmillaan, jonka jälkeen uusin versio päivitetään tietyssä tiedostomuodossa yhteiseen ohjelmaan. Tämän jälkeen mallissa pystytään liikkumaan ja tarkastelemaan tuloksia. Malli on osa lopullista suunnitteluaineistoa, jota voidaan hyödyntää elinkaarisuunnittelussa. Koordinointimalliin syvennyttään tarkemmin luvussa 3. (6,s.11; 10; 11; 12; 39.)

2.4.2 Virtuaalimalli

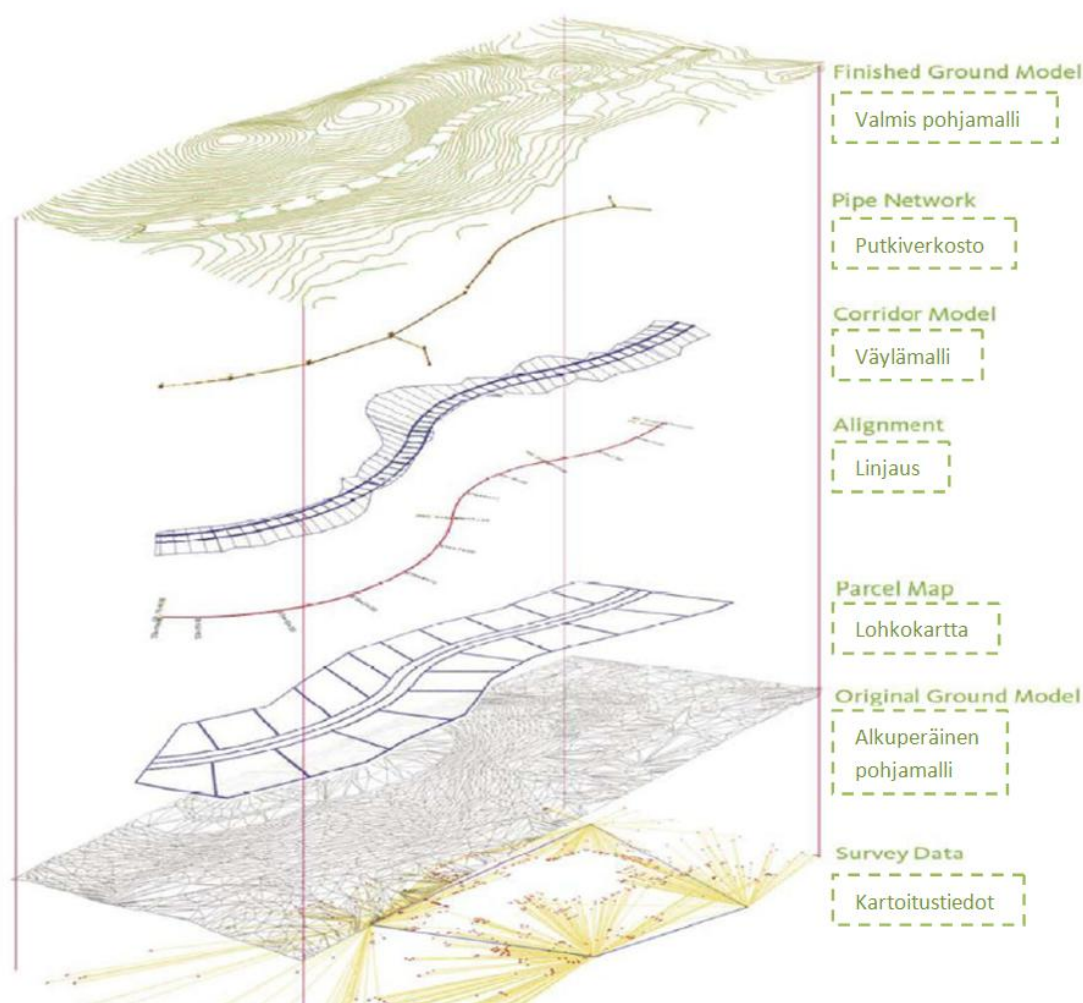
Virtuaalimalli eroaa koordinointimallista siten, ettei mallissa liikuta itse rakenteiden sisällä. Virtuaalimallissa liikutaan loppukäyttäjän silmin, ei rakentajan silmin. Se on tarkoitettu lopputuotteen tarkasteluun ja arviointiin. Virtuaalimalli on näkymä suunnitelmasta, joka on tehty koordinointimallia apuna käyttäen. Näin malli perustuu tarkkaan suunnitelmatietoon eikä ole vain taiteilijan näkemys hankkeesta. Virtuaalimalli on hyvä yleisesittelyyn ja maisemallisten vaikutusten arviointiin, koska se voidaan tehdä jo hyvin varhaisessa suunnitteluvaiheessa. Mallissa voidaan liikkua autoilijan näkökulmasta ja seurata näkymiä, ohjautuvuutta ja geometriaa samoin kuin koordinointimallissakin. Virtuaalimalliin lisätään usein tekstuurit sekä valo ja varjo, jotta siitä saataisiin esittelykelpoisempi. (1,s.77–80; 6,s.12.)

2.4.3 Tiedonsiirto

Infrasuunnittelussa tiedonsiirto on hallitsevassa roolissa. Suunnittelijoita on monta ja tiedon on liikuttava sujuvasti heidän välillään. Jotta päällekkäisyyksiä ei syntyisi, siirrettävän tiedon on oltava kattavaa. Usein ongelmana tiedonsiirrossa on tiedon katoaminen. Vastaanottava ohjelma ei tuekaan lähettävää ohjelmaa tarpeeksi hyvin ja tietoa menetetään matkalla. Infrasuunnittelussa suunnittelijat käyttävät erilaisia ohjelmia, joiden välillä tiedonsiirto voi olla myös mahdotonta. Vuonna 2001–2005 Tekes käynnisti

Inframodel-hankkeen, jonka tavoitteena oli parantaa ja kehittää tiedonsiirtoa erityisesti infran suunnittelujärjestelmien välillä. Inframodel on kaikille avoin menetelmä suunnitelmatietojen siirtoon, joka perustuu kansainväliseen LandXML-standardiin. Ensimmäinen versio 1.0 julkaistiin maaliskuussa 2006, jonka jälkeen Tiehallinto ja Ratahallinto ovat edellyttäneet suunnitelmatietojen toimittamisen Inframodel-muodossa. (9,s.35–36; 1,s.46; 12,s.7; 13.)

LandXML on merkintä- ja koneohjausformaatti, joka lähtökohtaisesti pystyy kuvaamaan pisteen, viivan ja pinnan (Katso kuvio 3). Takymetrit, koneohjausohjelmistot ja suunnitteluohjelmistot tukevat tätä formaattia, mutta kaikkia tekniikkalajien tietoja ei voida eksportoida LandXML:ään. LandXML perustuu nimensä mukaisesti XML-standardiin, jonka käytöllä tavoitellaan sisältöjen yhdenmukaisempaa tallennusmuotoa sekä riippumattomuutta tietystä ohjelmistotoimittajasta. Yhtenäinen formaatti parantaa sisällön monikäyttöisyyttä ja tiedon säilymistä pitkään, sekä tehostaa suunnittelutyötä ja antaa yksityiskohtaisempaa tietoa sisällöstä. LandXML-formaatin ohella tietoa siirretään myös muilla tiedonsiirtotavoilla, jotta kaikkien tekniikkalajien tiedot saadaan sovitettua yhteen. Apuna voidaan käyttää esimerkiksi projektipankkeja. (9,s.34–36; 1,s.47–48; 10,s.10; 14.)



Kuvio 3. LandXML-standardin sisältö ja pääelementit (1,s.49; 15).

Tiedonsiirron ohjeistaminen on tärkeää juuri ongelmien poistamisen takia. Koko väylähankkeen tuotemalli koostuu eri suunnitteluosapuolten tiedoista. Tuotemallia käytettäessä on tarkkaan määritettävä, kuka mitäkin tietoa tuottaa ja miten tieto siirretään osapuolelta toiselle. Yhteisesti sovitulla tiedonhallinnalla nopeutetaan sekä suunnittelua että rakennusprosessia. (9,s.34–36.)

2.4.4 3D-tuotemallintamisen haasteet ja hyödyt

Tuotemallintamiseen siirtyminen tuo mukaan paljon hyötyä, mutta myös haasteita. Päähaasteena on uusien prosessien oppiminen. Uuden asian sisäistäminen on haastavaa ja sille on annettava paljon aikaa. Ennen projektin alkamista myös lähtötietojen tuottamiselle sekä suunnittelulle, tiesuunnitelmista lähtien, on varattava aikaa. Ensimmä-

mäiset pilottiprojektit vievät paljon enemmän aikaa kuin yleensä, mutta suunnittelijoiden ja tilaajien oppiessa prosessin, projektiin käytettävä aika pienenee. (10,s.13.)

Oppimisen viedessä aikaa, suunnittelijoita on vaikea saada sitoutumaan uuteen työskentelymuotoon. Mallin toimivuuden kannalta sitoutuminen on kuitenkin välttämätöntä ja siksi työnantajien on panostettava työntekijöiden kouluttamiseen ja sitoutumiseen. Vastuuhenkilöt sitoutuvat mallin ajantasaisena ylläpitämiseen, jonka on oltava sujuvaa. Haasteena mallin ylläpitämisessä on useat päivityskerrat, koska konflikteja syntyy enemmän kuin perinteisissä suunnittelumenetelmissä. (11.)

Tiedonsiirto on myös haasteellista, koska avointa yhtenäistä formaattia ei ole. Ennen kuin formaatti kehitetään, on pärjättävä ohjelmistojen alkuperäisformaattien ja avointen formaattien välimaastossa. Niin kuin Niklas von Schantz esitelmässään (3) kertoo, tiedonsiirrosta ongelmia aiheuttavat myös eri ohjelmistojen paljous, mikä nykytilanteessa johtaa siihen, että huomattava osa hankkeen eri vaiheissa olevasta tiedosta katoaa siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen. Useat suunnittelijat joutuvat tekemään päällekkäistä työtä rajapinnoissa muokatakseen tiedon omiin tarpeisiinsa. (10,s.13; 3.)

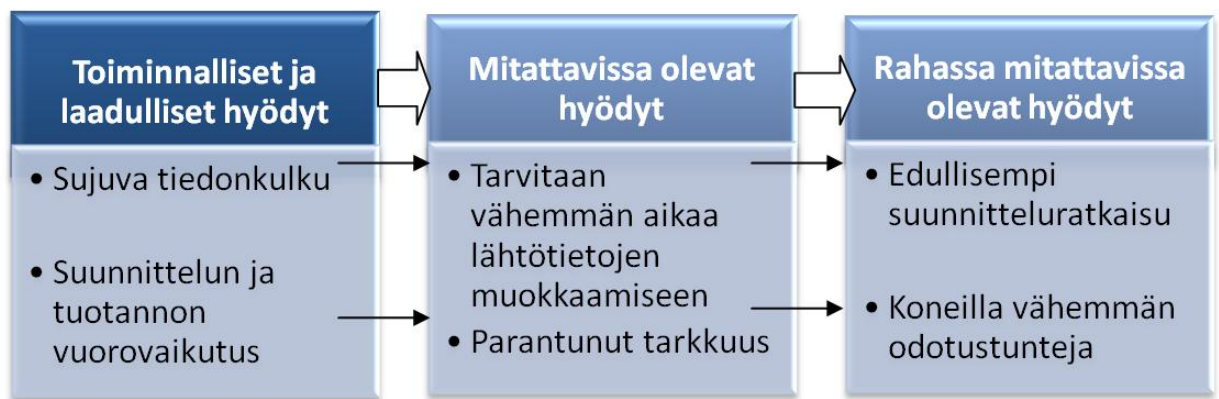
Tuotemallintamiseen ollaan siirtymässä kovalla vauhdilla, koska sen avulla saatavat hyödyt houkuttelevat. Suunnittelijoille tuotemallinnus tuo mielekkäämmän työskentelytavan. Ongelmanasettelut ovat paremmin havaittavissa ja ymmärrettävissä sekä vaihtoehtojen tarkastelu on helpompaa. Lähtötietojen parempi laatu auttaa tarjouksen hinta-arvioinnissa pienentäen riskejä, mistä on hyötyä yritykselle. Lisäksi yrityksen vuorovaikutus asukkaisiin, sidosryhmiin ja päättäjiin helpottuu, koska 3D-malleja on intuitiivisesti helpompi ymmärtää kuin piirustuksia. 3D-mallit tuovat piirustuksia enemmän hyötyä muutenkin kuin visualisoinnin kannalta, sillä laadunvarmistus tekniikkalajien sisällä ja välillä helpottuu. Sen lisäksi koneohjaustietojen visuaalisen ohjauksen avulla virheet työmaalla vähenevät. Objektit sisältävät tietoa, jota pystytään jälleen käyttämään eri tarkoituksiin. (9,s.10; 10,s.14 ja 39.)

Tuotemalli helpottaa monialaisen projektin hallintaa ja laadunvarmistusta, sillä ajantasainen tilanne on aina kuvattuna. Konfliktien tarkastelu sekä hanke- ja rakenneosien yhteensopivuus mahdollistuu mallin avulla, mikä auttaa suunnittelemaan paremmin ja optimoimaan kokonaisratkaisua. Malli on osa lopullista suunnitelma-aineistoa, jota voi-

daan edelleen hyödyntää esimerkiksi toimittamalla se seuraavaan suunnitteluvaiheeseen tai rakennusurakan tausta-aineistoksi. (11; 16.)

Tuotemallinnus ei pelkästään paranna suunnitteluprosessia vaan tehostaa lisäksi rakentamisprosessia. Eri toimijoiden suunnitelmat voidaan sovittaa yhteen paremmin ja tiedonvaihdon helppous suunnittelun, toteutuksen ja ylläpidon välillä edistää uusien menetelmien kehittämistä. Työmaa toimii tehokkaammin, virheettömämmin ja nopeammin tuottaen säästöjä suunnittelun ja rakentamisen kokonaiskustannuksissa (12). Jos rakennustyömaalla paljastuu puutteita suunnittelussa tai jopa suunnitteluvirheitä, on muutosten suunnittelu nopeampaa mallin avulla kuin perinteisillä menetelmillä. Kun malliin korjataan jotain, se automaattisesti päivittyy muihinkin kuviin. Piirustuksia muutettaessa, myös muut piirustukset on muutettava manuaalisesti. Mallintaminen karsii kallista odotteluaikaa työmaalla. (1,s.86–87; 12; 3.)

Tuotemallinnus on infra-alalla vielä hyvin uutta, joten yritysten ottaessa tuotemallintaminen käyttöön he parantavat kilpailukykyään sekä tuottavuuttaan. Näin syntyy uusia liiketoimintamahdollisuuksia.



Kuvio 4. Norjasta saatuja tietoja toimijoiden odotuksista ja nykykäytännöistä, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (17).

Kuviossa 4 on kuvattu Norjasta saatujen tietojen pohjalta erilaisia hyötynäkökohtia. Tuotemallinnuksen avulla hyödytään myös rahallisesti. Kustannussäästöjä alkaa syntyä, kun uusi järjestelmä on rutiininomaisessa käytössä. Säästöjä syntyy suunnittelutyömäärän sekä virheiden määrän vähentyessä. Myös kilpailukyky ja uudet liiketoimintamahdollisuudet lisäävät rahallista hyötyä. (17.)

2.4.5 Tuotemallinnus Norjassa

Norjassa ollaan edelläkävijöitä tuotemallisuunnittelussa. Jo 1990-luvulta lähtien on kehitelty väylämallin käyttämistä mittaustiedon toimittamisessa. Nykyään lähes kaikki tiehallinnon projektit toimitetaan digitaalisesti työmaalle. Vuonna 2010 Norjassa julkaistiin Tiehallinnon ohjekirjaluonnos mallien käyttämisestä tiehankkeissa. Norjan tiehallinto on myös kehittänyt omia sovelluksia käytettäväksi takymetreissä ja koneohjausjärjestelmissä. Näin on tuettu urakoitsijoita mallin hyödyntämisessä. (10; 18.)

Tuotemallien käyttöä on kehitetty ja käytetty suurissa Skanskan hankkeissa, kuten Norjan rannikolla sijaitsevalla kaasukentällä Ormen Large:ssa. Kaasukenttä rakennettiin 850–1100 metrin syvyydessä oleville perustuksille. Kaasukentältä kuljetetaan kaasua 1200 kilometrin päähän Isoon-Britanniaan. Tällaisten isojen hankkeiden kautta tuotemallinnusta on pystytty kehittämään ja myöhemmin ottamaan käyttöön. (18.)

Suunnittelutarjouspyynnössä tuotemallin toteuttamiseen tarvittavat rutiinit määritellään ja ne vahvistetaan sopimusneuvotteluissa. Toimintatavoista sovitaan yhdessä ja dokumentoidaan projektiohjeeksi. Mallia aletaan käyttää heti, jotta työskentelytapa opitaan ja rutiinit alkavat syntyä. Näiden ohjeiden avulla Norjassa on pystytty ottamaan käyttöön tuotemallintaminen pääsääntöisenä suunnittelumuotona. (18.)

3 Koordinointimalli

3.1 Yleistä

Koordinointimalli koostuu erilaisista suunnitelmista, jotka on koottu yhteiseen malliin. Kun kaikki suunnittelun osa-alueet ovat mallissa, saatua aineistoa pystytään tarkastelemaan yhtenä kokonaisuutena. Sen avulla hanke- ja rakennusosien yhteensopivuus sekä ristiriidat voidaan havaita ajoissa, näin vältetään hintavilta korjaustoimenpiteiltä tulevaisuudessa. Malli ohjaa suunnittelemaan paremmin ja auttaa löytämään parhaan kokonaisratkaisun. Lisäksi se parantaa huomattavasti suunnittelijoiden välistä kommunikatiota kuvaten aina hankkeen ajantasaisen tilanteen. Mallia pystytään hyödyntämään myöhemmin uusissa hankkeissa tai käyttämään kunnossapidon lähtöaineistona. Koordinointimallia voidaan myös hyödyntää suoraan työmaalla koneohjauksessa: nyky-

aikaiset tietokoneohjattavat työkoneet pystyvät hallitsemaan koko väylämallin. (1,s.79; 6,s.11; 10; 11; 12; 18.)



Kuvio 5. Koordinointimalli lähtötietoineen (42).

Koordinointimalli koostuu maastomallista, maaperämallista, nykyisistä rakenteista sekä suunnittelun eri tekniikkalajien yhdistelmästä. Maastomalli, maaperämalli sekä nykyiset rakenteet ovat lähtöaineistoa, jonka pohjalta tekniikkalajimallien suunnittelu voidaan aloittaa (kuvio 5).

3.2 Maastomalli

Maastomalli kuvaa nykyisen maaston pintaa digitaalisessa muodossa. Pinta toimii lähtötietona jokaisen tekniikkalajin suunnittelulle. Malli laaditaan lähtötietojen perusteella, jotka on joko mitattu perinteisellä tavalla tai laserkeilattu. Menetelmän valintaan vaikuttaa kohteen laajuus, maasto-olosuhteet ja tarkkuusvaatimukset. (1,s.41; 10,s.44.)

Laserkeilaus voidaan suorittaa kahdella eri menetelmällä, joko maasta tapahtuvalla keilauksella ja ilmasta tehtävällä keilauksella. Lentäen tehtävä keilaus tapahtuu 300 metrin korkeudessa helikopterista käsin. Tämä on erittäin helppo ja nopea tapa saada tarkka korkeusmalli isoltakin alueelta. Lentäen suoritettava keilaus ei kuitenkaan sovi

pienien, eli alle 200 hehtaarin, alueiden mittaamiseen sen hinnan takia. Keilauksen huonona puolena on mittauspisteiden runsas määrä, yksittäisestä pisteestä ei voida suoraan kertoa, mikä se on. Siksi mittausdataan voidaan lisätä valokuva tai videokuva, joka auttaa selventämään mittautuloksia sekä niiden tulkintaa. Varsinainen työ on mittauspisteiden karsiminen valtavasta aineistosta ja niiden tulkinta, jonka jälkeen aineisto täytyy vielä koodata käyttövalmiiksi. Nykyaikaiset mittausohjelmat osaavat karsia erilaisten kriteerien avulla mallin halutulle pistetiheydelle. (1,s.32–34.)

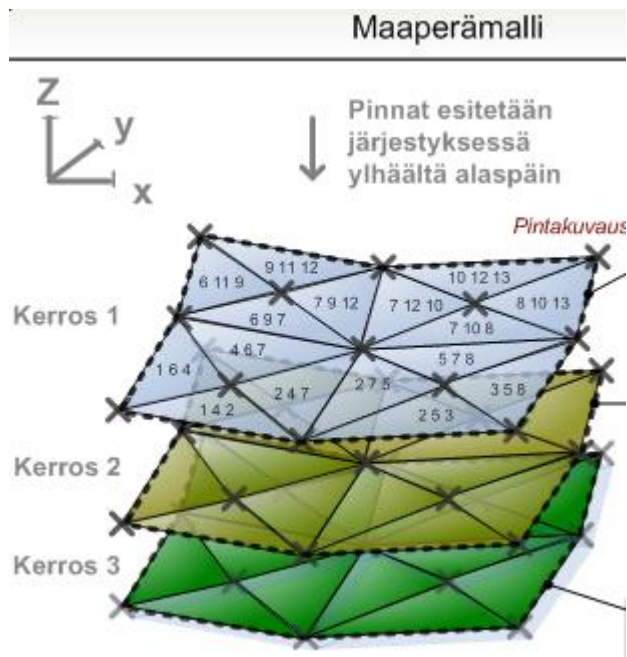
Perinteinen mittaus suoritetaan joko takymetrillä tai GPS:n avulla. GPS:ää voidaan käyttää vain, jos maastomuodot sen sallivat: toimiakseen hyvällä tarkkuudella GPS tarvitsee aukean alueen. Mittausmenetelmän etuina on erittäin yksityiskohtainen ja tarkka valmiiksi koodattu malli käytettäessä ammattitaitoista mittaajaa. Mittaajaa voidaan myös ohjeistaa keräämään tiettyjä erikoispisteitä, joita muuten ei saataisi käyttöön. Hitaus ja kalleus ovat menetelmän huonot puolet, silti perinteistä mittautusta joudutaan käyttämään laserkeilauksen apuna. (1,s.32–34; 19.)

Maastomalli kuvataan mittauksista saatujen pisteiden avulla. Pisteistä muodostetaan kolmio- tai neliöverkko käyttäen riittävän paljon taiteviivoja, jotta maastonmuodoista saadaan mahdollisimman todellisuuden mukaiset. Maanpinnan korkeus ja sen ominaisuudet kuten kasvillisuus on tunnistettavissa. (1,s.41; 10,s.44.)

Maastomalleja ja pohjatutkimustietoja voi kysellä kunnista, Tiehallinnolta, Geologian tutkimuskeskukselta, Ratahallintokeskukselta sekä Merenkululaitokselta. Valmiita korkeusmalleja on käytettävissä kunnilla, Maanmittauslaitoksella, Merenkululaitoksella, Ympäristökeskuksilla sekä kartta- ja mittauskonsulteilla. Kohde tulee aina mittauttaa, jos aineistoa ei ole saatavana valmiina. (1,s.32–33.)

3.3 Maaperämalli

Maaperämalli kuvaa eri maalajien kerrosjakautuman pinnan alla. Maaperäkerrokset selvitetään kairauksien ja geologisten tutkimusten avulla. Pohjatutkimukset on toteutettava mahdollisimman laajasti, jotta lähtötiedoista saadaan kattavat. Kun pohjatutkimukset on analysoitu, ne muutetaan piste- ja viivadataksi, jotka muodostavat mallin pinnan.

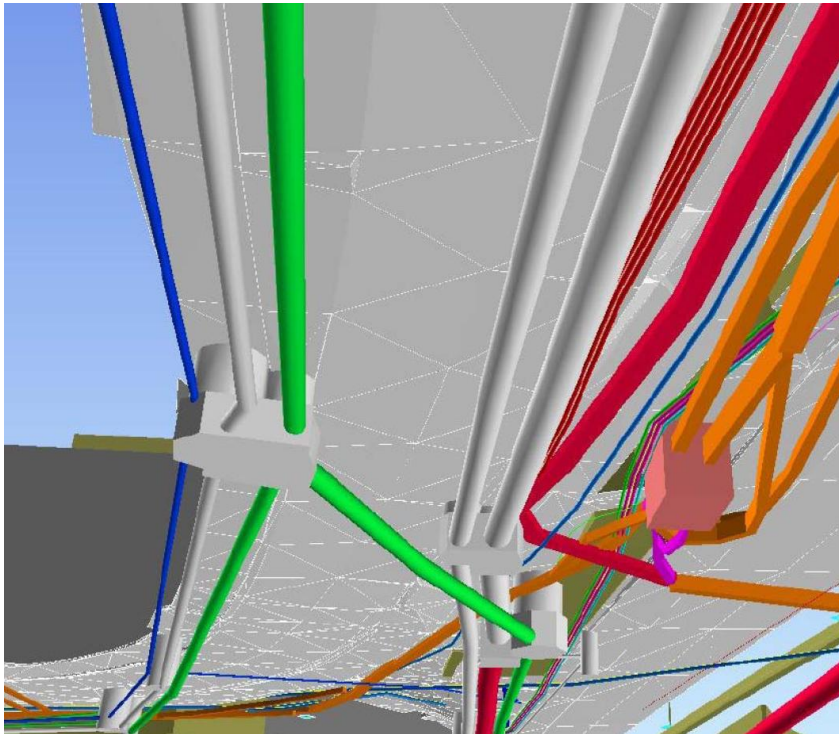


Kuvio 6. Maaperämalli näyttää eri kerrokset pinnanmuotoineen (20).

Eri massatyypikerrokset havainnollistetaan kolmioitujen geometria pintojen avulla (kuvio 6). Tyypillisesti rakentamisen aikana maaperämalli muuttuu, kun totuus tulee esille kaivausten myötä. Maaperämalliin tulee dokumentoida myös rakentamisen aikana paljastunut tieto, josta muodostuu As built -tietoa. (10,s.33–45.)

3.4 Nykyiset rakenteet

Mallin tulee sisältää nykyiset rakenteet maanpinnalla sekä sen ylä- ja alapuolella. Nykyisiä rakenteita voivat olla muun muassa rakennukset, liikennemerkkit tai kaapelit. Nämä mallinnetaan joko objektiluettelon mukaan oikean kokoisiksi tai oletusarvojen mukaan mahdollisimman paljon todellisuutta vastaaviksi. Yksityiskohtaisuudet objekteissa riippuvat niiden tärkeydestä mallissa. Lähtötiedot voivat olla 2D- tai 3D-mallissa ja usein korkeusasemat voivat perustua oletuksiin. Mallia on päivitettävä aina uusien mitaustietojen mukaan. (10,s.47–48.)



Kuvio 7. Nykyisten maanalaisten johtojen mallintaminen (10,s.48).

Nykyisten maanalaisten johtojen mallintaminen malliin helpottaa uuden viemärilinjän suunnittelua, koska törmäystarkasteluiden avulla voidaan korjata suunnitteluvirheet heti. Esimerkkikuva nykyisistä johdoista nähdään kuviossa 7. Myös muiden uusien rakenteiden suunnittelu on helpompaa, kun lähtötiedot ovat kattavat ja ne voidaan ottaa suunnittelussa huomioon. Näin vältetään ikäviltä yllätyksiltä itse rakennusvaiheessa, jolloin suunnitelmien muuttaminen veisi kauan kallista aikaa itse rakennustyöltä.

3.5 Tekniikkalajimallit

3.5.1 Yleistä

Tekniikkalajimalleja lähdetään suunnittelemaan lähtötietojen kanssa samaan tuotemalliin niitä hyväksi käyttäen. Ne suunnitellaan joko valmiiksi oikeaan koordinaatistoon tai siirretään valmiina objektina malliin. Se, mitä tekniikkalajimalleja tarvitaan hankkeessa, riippuu hankkeen kategoriasta ja laajuudesta. Tässä luvussa halutaan tuoda esille väyläsuunnittelulle olennaiset tekniikkalajit ja niiden suunnitteluprosessin eteneminen.

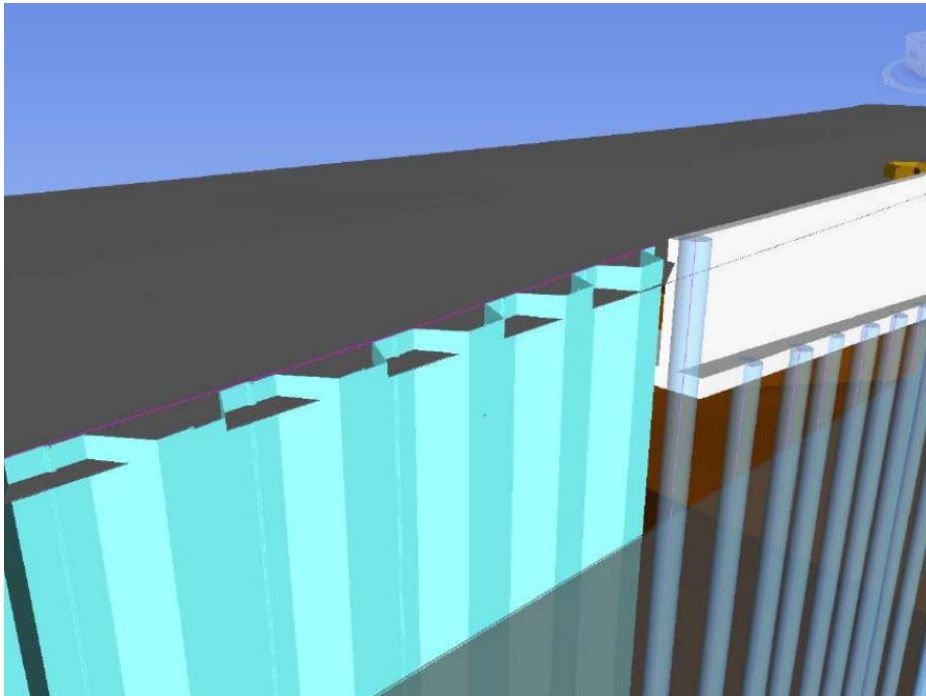
3.5.2 Tiesuunnittelu

Yleisten teiden suunnittelun kehittämisestä ja suunnitelmien teettämisestä vastaa Liikennevirasto. Jokaisessa tieprojektissa hanke syvenyy jokaisen suunnitteluvaiheen jälkeen. Tiesuunnittelu aloitetaan esisuunnitelmasta, jossa karkeasti tutkitaan tien tarvetta. Suunnittelun tulos on alustava vaikutus- ja kustannusarvio, jonka pohjalta voidaan päättää jatkosuunnitelmista. Esisuunnitelmasta siirrytään yleissuunnitelmaan, jossa selvitetään tien karkea sijainti, kytkennät muuhun alueen tiestöön ja maankäyttöön sekä ympäristöhaittojen torjumisen periaatteet. Ympäristövaikutusten arviointi tehdään yleensä yleissuunnitelma vaiheessa, joka on vaikuttamisen kannalta tärkein suunnitteluvaihe. Tiesuunnitteluvaiheeseen siirryttäessä yleissuunnitteluvaiheessa hyväksytyjä asioita ei enää käsitellä. Tiesuunnittelu on yksityiskohtaista suunnittelua, jossa määritetään tien tarkka sijainti, tarvittavat alueet tietä varten sekä liittymäjärjestelyt. Kun rahoitus on varmistunut, tien rakentaminen voidaan aloittaa, jolloin siirrytään rakennussuunnitteluvaiheeseen. Tien rakentamisessa tarvittavat suunnitelmat ja piirustukseen laaditaan tässä vaiheessa. (1,s.12–14; 3; 6,s.2-5; 10,s.51–52; 22,s.21.)

Tuotemallintamisessa tiesuunnitelmien siirto on helppoa, koska tiesuunnitteluohjelma Novapoint pystyy antamaan suunnitelmat suoraan oikeassa muodossa. Suunnittelija pystyy mallintamaan koko prosessin ajan suunnitelmia koordinoitumalliin ja rakennussuunnitteluvaiheessa hän lähettää tiedot työmaalle ja tulostaa myös tarvittavat suunnitelmat paperiversiona. Työmaalla tiedot voidaan avata katselutyökalulla ja tutustua rakennettavaa työkohteeseen 3D:nä. (1,s.12–14; 3; 6,s.2-5; 10,s.51–52.)

3.5.3 Geosuunnittelu

Maaperämallia tehdessä kairaukset ja muut pohjatutkimukset on jo tehty. Näiden pohjalta geosuunnittelussa laaditaan pohjatutkimuspiirustukset ja kartta- sekä kairausleikkaukset. Tämän jälkeen tehdään tarvittavat laskelmat kuten stabiliteetti- ja painumataarkastelut, tuennan mitoitus ja kantavuusmitoitus. Tutkimusten ja laskelmien perusteella voidaan sanoa, minkälaisen pohjarakenteen maaperä vaatii. (6,s.5; 21.)

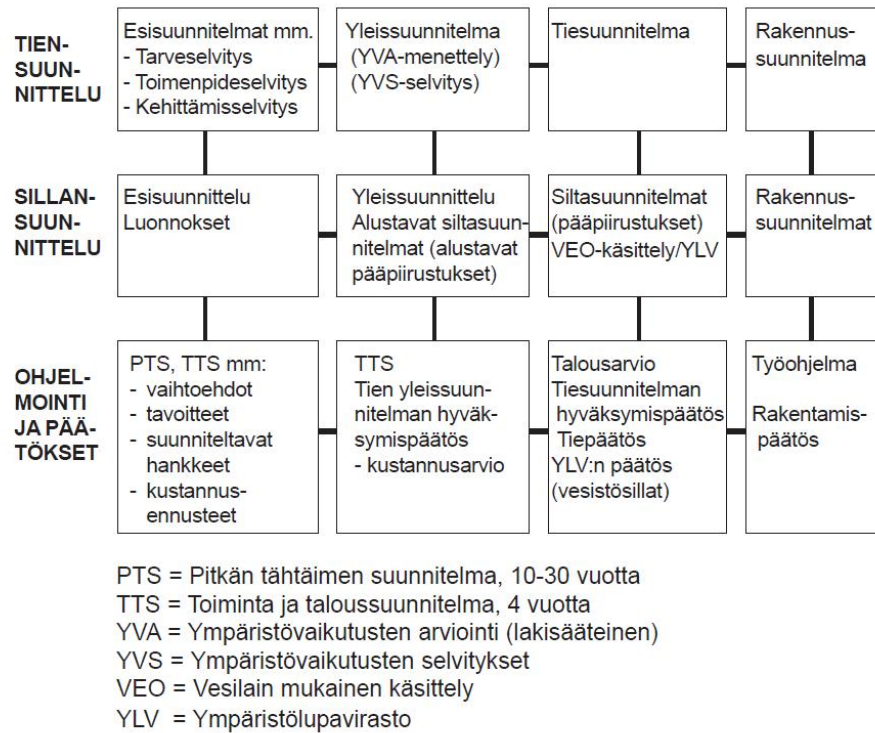


Kuvio 8. Ponttiseinä ja tukimuuri mallinnettuna (10,s.64).

Geosuunnittelun tuloksena mallinnetaan yleiskuvaus geoteknisistä toimenpiteistä, kuten stabilisoinnista, kairauksista, ponttiseinäistä ja tukimuureista (kuvio 8). (10,s.64.)

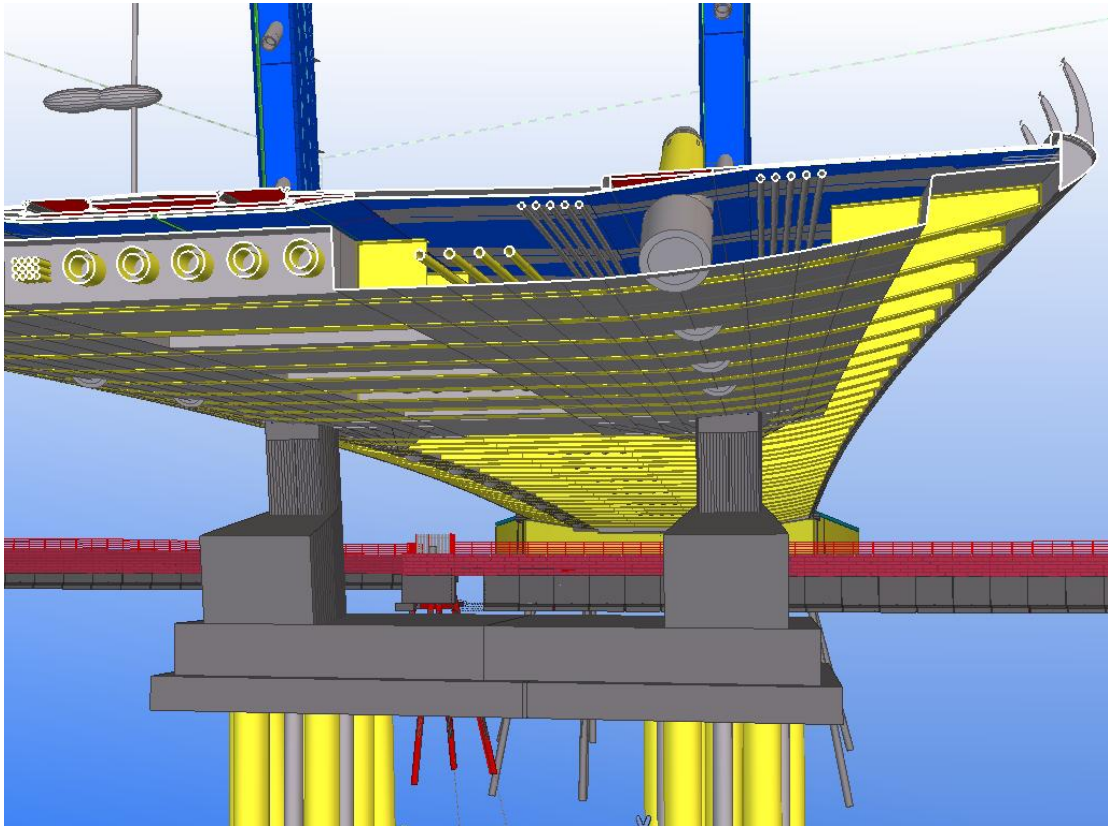
3.5.4 Siltasuunnittelu

Siltatuotanto on osa tiesuunnittelua, joten usein silta tehdään teiden suunnitteluvaiheiden mukaisesti (kuvio 9). Suunnitteluvaiheiden tarve määräytyy siltakohtaisesti riippuen sen koosta ja merkittävyyydestä. (6; 23.)



Kuvio 9. Sillan suunnittelun liittyminen tiesuunnitteluun (24).

Sillat suunnitellaan usein ohjelmilla, jotka eivät ole suoraan yhteensopivia infrasuunnitteluohjelmistojen kanssa, joten niitä ei voida liittää malliin samalla tavalla kuin esimerkiksi tie- tai valaistusuunnitelmia. Siltasuunnitelma voidaan kuitenkin liittää malliin erillisenä objektina. Siltasuunnittelijan on huomioitava tämä erikseen, jotta hän osaa suunnitella sillan oikeassa formaatissa. Formaatti vaikuttaa tiedonsiirtoon sekä objektin yhteensopivuuteen mallin koordinaatiston kanssa. (25.)



Kuvio 10. Crusellin sillan tuotemalli (26).

Crusellin silta (kuvio 10) on Helsingin Ruoholahden ja Jätkäsaaren välille rakennettu ajoneuvo-, raitiovaunu- ja kevyen liikenteen silta. Tuotemallinnus oli vahvasti mukana sillan suunnittelussa. Valmis tuotemalli siirrettiin työmaalle, jossa sitä pystyttiin käyttämään hyödyksi muun muassa työn suunnittelussa, rakenneosien valmistuksessa, hankinnassa sekä mittauksissa. Mallinnus tehtiin Tekla Structures ohjelman avulla. (26.)

3.5.5 Liikennesuunnittelu

Liikennesuunnitteluun kuuluu kaikkien liikennemuotojen suunnittelu, niin joukkoliikenne, autoliikenne, pyöräily ja kävely sekä pysäköinti. Myös liikennejärjestelmät, liikenteen hallinta (opastus ja ohjaus) ja liikenteen vaikutukset (melu ja päästöt) on otettava huomioon. Nykyään liikennesuunnittelussa yritetään ottaa joukkoliikenne yhä enemmän huomioon kestävästä kehitystä ajatellen. Objektit, kuten liikennemerkit, voidaan suunnitella oletetulla ulkogeometrialla 3D:ssä tai ne haetaan objektikirjastosta. Liikennesuunnittelu etenee tiiviisti tiesuunnittelun rinnalla, näin varmistetaan liikenteen suju-

vuus ja turvallisuus. Suunnittelun tavoitteena on turvallinen liikenneympäristö eri yhteiskunnan alueiden välillä. (10; 27.)

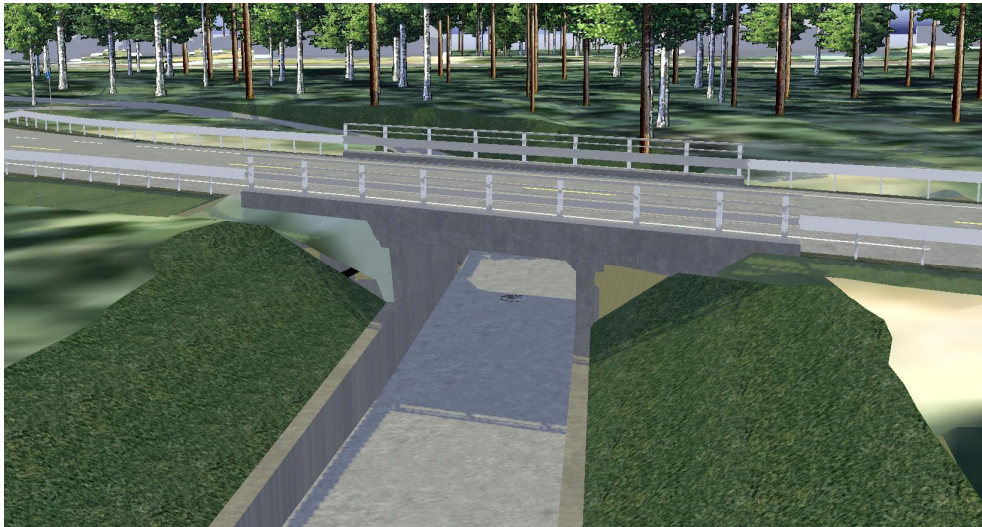
Koordinointimallissa liikenteen sujuvuus voidaan testata erilaisilla simulointiohjelmilla. Malliin on sijoitettu oletetut liikennemäärät ja näin voidaan tehdä esimerkiksi ruuhka-tarkasteluja. Mallista liikenneopasteiden kokoa ja näkyvyyttä eri liittymistä tultaessa voidaan arvioida. Esimerkiksi suojatiennäkyvyyttä voidaan testata: mallista valitaan haluttu autotyyppi, kuten henkilöauto, autolle asetetaan rajoitusten mukainen nopeus ja käynnistetään. Ohjelma ajaa suunniteltua mallia pitkin ja suunnittelija pystyy arvioimaan suojatiennäkyvyyden. Jos näkyvyys ei ole riittävä, suunnittelija voi muuttaa sitä saman tien ja ajaa mallin uudelleen läpi. Kaikki tämä edistää toimivamman ja käytännöllisemmän väylän suunnittelua. (6,s.7.)

3.5.6 Maisemasuunnittelu

Maisemasuunnitteluun kuuluvat maisemamuotoilut, tien muotoilut, istutukset ja verhoilu. Maisemasuunnittelija vastaa nykyisen kasvillisuuden karsimisesta ja uusien istuttamisesta. Hänen tehtävänä on myös hoitosuunnitelmien laatiminen. Koordinointimalliin objektit saadaan objektiluetteloiden kautta. Eroa on paljon vanhaan menettelytapaan, jossa suunnitelmia ei suunniteltu 3D:nä vaan ainoastaan näytettiin 3D:nä. Nyt jokaisesta objektista muodostuu tietoa kasviluettelolle, jotka voidaan tarvittaessa tulostaa mallista. Ennen maisemasuunnittelija teki mallista näyttävän, mutta siitä ei pystytty keräämään tietoa, esimerkiksi kuinka monta pensasta malli todella sisälsi. Koordinointimallissa objektiin voidaan myös liittää tarkempaa tietoa, jolloin puu-objektin mukana tulee niin lajikenimi, maatyyppe kuin omakohtainen hoitosuunnitelmakin. (10,s.66–67.)

3.5.7 Valaistussuunnittelu

Valaistussuunnitelman pohjana käytetään tiesuunnitelmaa. Valaisimet saadaan oikeille paikoille tien tyyppipoikkileikkauksen ja vaakageometrian avulla. Valaistussuunnittelussa käytetään eurooppalaisia standardeja, joiden mukaan pylväsvälit, heijastukset ja valaistustehot määräytyvät. Suunnittelija päättää valaistusluokan liikenteen määrän mitoitusnopeuden perusteella. Valaisinpylväät mallinnetaan oletetun geometrian tai tuotekirjaston avulla, jonka jälkeen ne lisätään malliin. (6,s.7; 10,s.50–56.)



Kuvio 11. Valmis koordinointimalli (42).

Kuviossa 11 nähdään kaikki suunnittelun tekniikkalajit yhdessä valmiissa koordinointimallissa.

4 Pilottihanke: Sepänkylän ohikulkutie



Kuvio 12. Hankkeen sijainti. Kuva Vaasasta Valtatie 8:lta Sepänkylän kohdalta. (28.)

4.1 Yleistä

Rambollin pilottihankkeena toimii Sepänkylän ohikulkutie, joka sijaitsee Vaasassa (kuvio 12). Pilottihanketta valikoitaessa pienemmät hankkeet soveltuvat paremmin ensimmäisten pilottihankkeiden joukkoon. Laajemmissa pilottihankkeissa tuottavuuden parantamisen potentiaali on selkeämpi kuin pienissä projekteissa, mutta pienemmissä hankkeen koon myötä riskit ovat pienemmät ja tuloksia saadaan nopeammin. Sepänkylän ohikulkutie sijoittuu näiden kahden ääripään välimaastoon. Hanke ei ole suurimmasta päästä, mutta on kooltaan iso. Pilottihankkeen koolla ei kuitenkaan ole ratkaisevaa roolia, jokaisen hankkeen kautta mallintamista pystytään kehittämään ja arvioimaan. (3.)

4.2 Hankkeen esittely

Valtatie 8 kulkee Turusta rannikkoa pitkin Ouluun asti ohittaen muun muassa Porin, Vaasan ja Kokkolan. Koska suurin osa länsirannikon tavaraliikenteestä kulkee teitä pitkin, henkilöliikenteen lisäksi yhteydellä on tärkeä merkitys myös teollisuuden kuljetuksille ja satamaliikenteelle. Valtatie 8 palvelee sekä pitkän matkan ohikulkuliikennettä että elinkeinoelämää ja maankäyttöä Vaasan kaupunkiseudulla. (29; 44.)

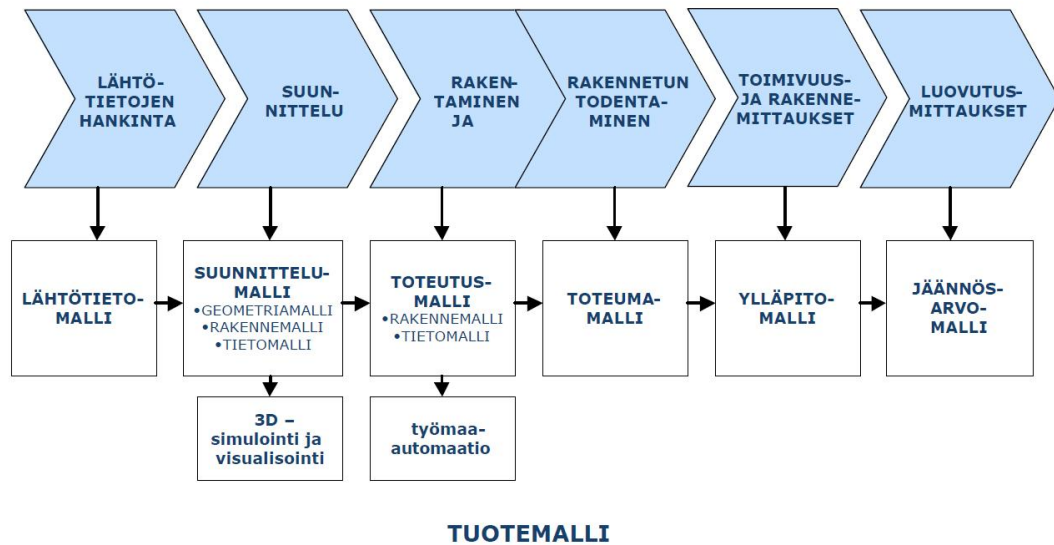
Sepänkylän ohikulkutien suunnittelu on alkanut jo 1970-luvun lopulla, mutta hanke on pitkittynyt, mikä on hankaloittanut alueen laajemman maankäytön suunnittelua ja kehittämistä. Valtatie 8, joka kulkee Mustasaaren kuntakeskuksen Sepänkylän halki, aiheuttaa merkittäviä ongelmia liikenneturvallisuudelle, taajaman toiminnalle sekä itse valtatieen toimivuudelle. Liikennemäärät suunnittelualueella ovat 9000 – 15 500 ajoneuvoa vuorokaudessa, joista 540–1000 on raskasta liikennettä. Suunnittelualueella liikennemäärien on ennustettu nousevan 16–35% vuoteen 2030 mennessä. Nopeusrajoitukset vaihtelevat 60-100 km/h ja liittymien määrä on suuri, muun muassa seitsemän valo-ohjattua liittymää. Valtatie 8 kuuluu suurten erikoiskuljetusten maantieverkkoon ja osuudella Stormossenilta Koivulahteen on tapahtunut keskimääräistä enemmän hirvikolareita. (29; 30.)



Kuvio 13. Mallinnettu havainnekuva Sepänkylän ohikulkutiestä (31).

Nelikaistaiseksi rakennettava Sepänkylän ohikulkutie sisältää noin yhdeksän kilometrin matkallaan 13 liittymää, 10 siltaa, eritasoliittymiä ja melusuojuuksia (kuvio 13). Uusi ohikulkutie parantaa liikenneturvallisuutta ja liikenteen sujuvuutta, lisäksi raskas liikenne saadaan ohjattua pois taajama-alueelta. Ohikulkutie mahdollistaa Sepänkylän taajaman kehittämisen ja pienentää ympäristöhaittoja, melua ja pohjaveden pilaantumiskehityksiä. Haasteina hankkeen toteuttamisessa ovat maan kivisyys ja luonto- ja maisemavien säilyttäminen. Työt alkoivat syyskuussa 2011 ja hankkeen on määrä valmistua marraskuussa 2014. (32; 33.)

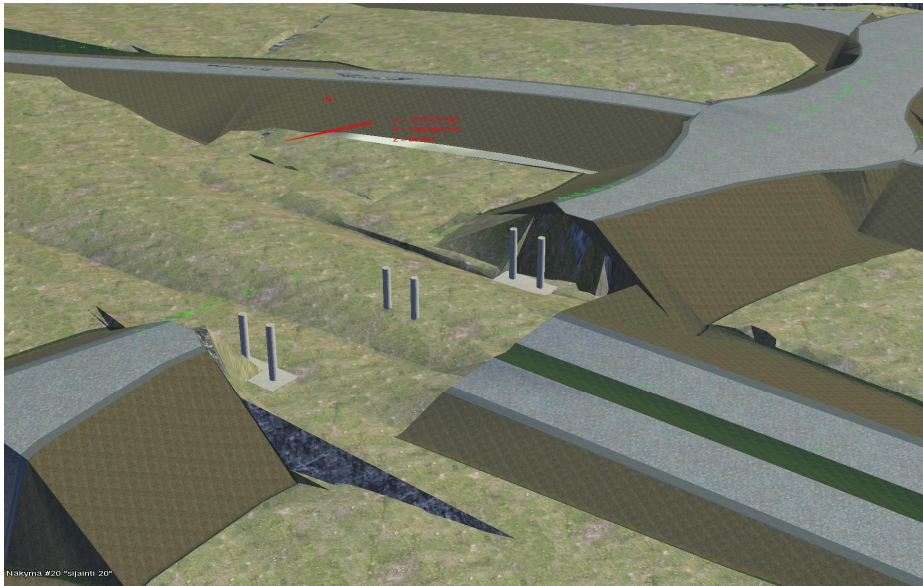
4.3 Hankkeen kulku



Kuvio 14. Tuotemallipohjaisen infrakohteen elinkaariaikainen hallinta (17).

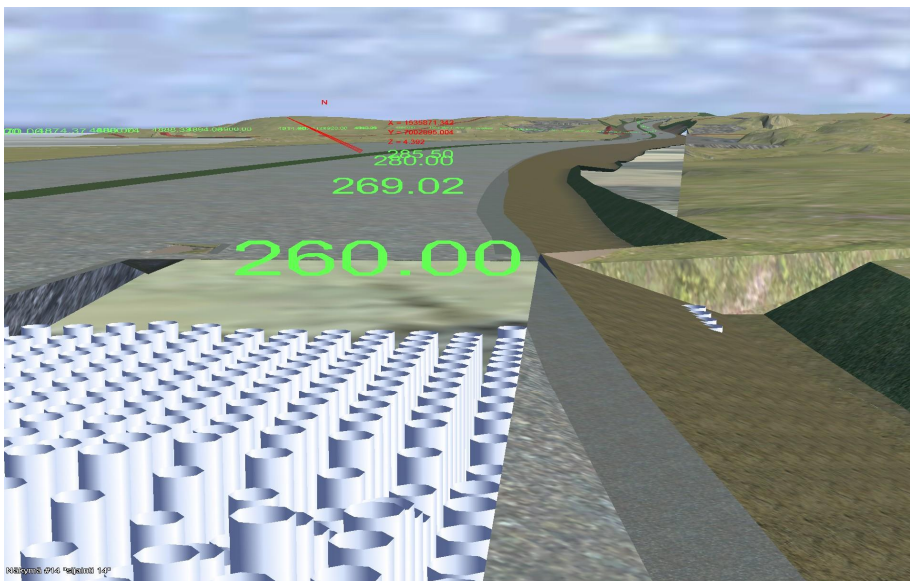
Koska hanke toimii pilottina niin Rambollille kuin suunnittelijoillekin, lähtee prosessi käyntiin pienellä koulutuksella. Koko projektiryhmän kanssa on käytävä läpi erilaiset termit ja säännöt, joita mallin luomisessa ja käyttämisessä voi tulla vastaan. Tarvittaessa hankitaan myös lisäkoulutusta ohjelmien käyttöön. Hankkeessa on sovittu käytettävän Novapointia ja Tekla Structures -ohjelmaa koordinoitumallin luomiseen. Mittausaineisto tuotetaan LandXML-muodossa. (34.)

Suunnittelu lähtee liikkeelle lähtötietojen hankinnasta (Katso kuvio 14). Sen jälkeen ne analysoidaan ja täydennetään vastaamaan todellisuutta mahdollisimman tarkasti. Lähtötietoihin sijoitetaan nykyiset johdot, laitteet ja kaapelit siinä määrin kun niiden tiedot on saatavilla sähköisessä muodossa. Näistä muokataan lähtötietomalli, joka kuvaa tiedot oikeassa mittakaavassa ja koordinaatistossa. (34.)



Kuvio 15. Sillan pilarit mallinnettuna koordinointimalliin (41).

Suunnitteluvaiheessa eri tekniikalajien edustajat suunnittelevat omat osuutensa lähtötietojen pohjalta. Tässä vaiheessa laaditaan rakennussuunnitelmat, joihin kuuluvat muun muassa tien rakenteelliset tyypipoikkileikkaukset, geotekniset suunnitelmat ja siltasuunnitelmat (kuvio 15 ja 16). Rakennussuunnitelmiin liitetään myös suunniteltavat kuivatusrakenteet sekä liikenteenohjaus-, valaistus- ja ympäristösuunnitelmat. Suunnitelmaosien yhteensovittamisen tuloksena syntyy tuotemalli eli koordinointimalli tässä hankkeessa. (34.)



Kuvio 16. Pilaristabilointi Sepänkylän ohikulkutiessä (41).

Tuotemallista edetään toteutusmalliin (kuvio 17), joka on suunnitelmien mukainen malli, jonka pohjalta tietä aletaan rakentaa. Toteutusmallia hyödyntävät suunnittelijat ja urakoitsijat. Urakoitsijalle keskeisin hyöty on määräluetteloiden saaminen automaattisesti tuotemallista. Mallista saadaan määrätietoja myös kustannuslaskelmiin ja aikataulusuunnitteluun. (35,s.13 ja 15.)

Kun työmaalla on saatu rakenteita valmiiksi, tilaaja toimittaa tehdyistä töistä toteumatiedon. Toteumatieto voidaan hankkia joko koneohjauslaitteistolla tai erikseen mittamalla. Suunnittelija siirtää mittaustiedot takaisin koordinointimalliin, jossa tiedoista muodostetaan toteutumamalli. Mallin avulla toteumaa verrataan suunnitelmaan, verrattavia kohteita ovat muun muassa väylän kerrosrakenteet, leikkaus- ja yläpinnat, kuivusrakenteet sekä sillat. Vertailusta ja sen tuloksista raportoidaan työmaalle. Kun työ on kokonaan valmis, tilaaja mittaa kaikki näkyvät pinnat laserkeilauksella. Lopullinen mittausaineisto siirretään koordinointimalliin ja näin saadaan lopputuotemalli. Toteutumamallia voidaan käyttää lähtöaineistona ylläpidon ja muutostehtävien suunnittelussa. (34; 35,s.16.)

Ylläpitomalli on valmis toteutumamalli, jota voidaan käyttää toimivuus ja rakennemittauksiin. Ylläpitomalli on erittäin hyvä kunnossapidon apuväline, sillä hoitotoimenpiteet kuten lumenauraus voidaan tehdä vaivatta sitä käyttäen. Työn valmistuttua tien kuntoa seurataan ja tarkkaillaan tulevaisuudessa. Kaikki muutokset, jotka tehdään, tallennetaan jäännösarvomalliin. (36.)



Kuvio 17. Tuotemalli on infrarakenteen koko elinkaariaikaisen tiedon kokonaisuus, joka on digitaalissa muodossa (37).

Kuvio 17 selventää hankkeen kulkua kuvien kera. Kuvasta voidaan nähdä tuotemallin vuorovaikutus jokaiseen rakennus- ja korjausvaiheeseen.

4.4 Koordinointimallin hyödyt

Taulukossa 1 on selostettu koordinointimallin hyödyt verrattuna perinteisiin suunnittelumenetelmiin.

Taulukko 1. Infran elinkaaren hallinta (14).

	Dokumenttipohjainen suunnittelu	Koordinointimalli
Lähtötiedot	Koko tietoaainestoa on haastavaa kerätä yhteen	Kaikki lähtötiedot ovat samassa mallipohjassa
Yhtenäinen suunnitelma	Muiden suunnittelijoiden korjauksia on vaikea havaita ajoissa	Mallin reaaliaikainen päivityminen – Suunnittelun vaatimukset kasvavat
Virheiden tulkitseminen	Ihminen tulkitsee – korkeat kustannukset – virheet saattavat jäädä huomaamatta	Malli tulkitsee + tehokkaampi + virheet havainnoidaan paremmin
Dokumenttien yhdistäminen	Eri tarpeisiin omat dokumentit Esitysmuoto usein 2D Tekniikkalajien yhdistäminen haastavaa	Mallia voidaan suoraan hyödyntää Voidaan esittää 2D:ssä että 3D:ssä Tekniikkalajit voidaan yhdistää
Tiedon elinkaari	Katkeaa arkistoon Uusiin projekteihin uusi tiedonkeruu	Siirrettävissä eteenpäin Voidaan hyödyntää lähtöaineistona uusissa projekteissa
Tiedonsiirto työmaalle	Paperille tulostaminen	Sähköinen siirto + paperiversio

5 Haastattelut

5.1 Toteutus

Haastatteluiden tavoitteena oli kerätä ajankohtaista tietoa koordinoitumallin käytöstä ja sen toimivuudesta. Haastatteluiden avulla haluttiin myös selvittää, miten mallin käyttö on helpottanut yhteistyötä eri osapuolten välillä. Ajankohtaisin tieto saatiin projektiorganisaatiolta, jolla prosessi oli parhaillaan käynnissä.

Haastattelut toteutettiin haastattelulomakkeiden avulla, koska haastateltavat henkilöt työskentelevät Oulussa. Haastatteluun vastasi yhteensä viisi projektin jäsentä. Lomakkeet oli jaoteltu kolmeen osaan: projektipäällikölle, mallikoordinaattorille sekä suunnittelijoille. Jokaiselle osapuolelle oli räätälöity omat kysymykset koskien koordinoitumalliprosessia. Kaikille suunnittelijoille oli sama kysymyslomake, vaikka he edustivatkin eri tekniikkalajeja.

Kysymysten määrä vaihteli viidestä kymmeneen. Tällä pyrittiin helpottamaan haastateltavien työmäärää ja samalla samaan tarkemmat vastaukset haluttuihin kysymyksiin. Kysymykset muokattiin mahdollisimman selkeiksi ja ymmärrettäviksi, jotta saataisiin mahdollisimman johdonmukaiset ja kattavat vastaukset haastateltavilta. Vastausten pituudelle ei asetettu maksimi määrää, jotta haastateltavat saisivat vapaat kädet ideoinnille. Kysymysten vastaukseen annettiin muutama viikko aikaa, jotta vastausten laatu olisi mahdollisimman korkea.

Liitteestä 1,2 ja 3 löytyvät haastattelulomakkeet.

5.2 Tulokset

5.2.1 Projektipäällikkö

Projektipäällikön tehtävänä on pitää projekti yhtenäisenä ja varmistaa työn edistyminen. Siksi selvitettiin, miten koordinoitumalliprojektin läpivieminen eroaa perinteisestä projektista. Koordinoitumallihankkeessa mallipalaverit pidetään 2-3 viikon välein, joten projektin osapuolet ovat hyvin vuorovaikutuksessa keskenään, näin tiedonkulku suunnitteluryhmän sisällä paranee olennaisesti. Kokouksissa yhteinen aika käytetään hyväk-

si ja hanketta käydään läpi myös muiltakin osin. Malli toimii hyvänä esittelymateriaalina ja sitä käytetään piirustusten tukena palavereissa, sillä pelkällä malliaineistolla ei vielä pärjätä. Koordinointimallia käytettäessä osasuunnitelmien yhteensovittaminen rutinoituu ja tarkentuu. Projektipäällikkö ei Novapointtia käytä, mutta Novapoint Site Toolin avulla suunnitelmia on silti voitu helposti tutkia. Site Tool on tarkoitettu väyläsuunnitelmien avaamiseen ja tarkasteluun.

Koordinointimallia käytettäessä on havaittu niin hyötyjä kuin haasteitakin. Yhteistyöhön ollaan oltu tyytyväisiä ja osapuolet ovat olleet motivoituneita. Haasteina on ollut uusiin käytäntöihin opetteleminen suunnitteluryhmän sisällä. Mallipohjan suunnittelu ja sen opetteleminen vie paljon enemmän aikaa kuin yleensä, lisäksi yksityiskohtia hiotaan paljon. Vaikka aikaa kulutetaan paljon, suunnittelun laatu paranee ajan käytön ja yksityiskohtien myötä. Vaikeuksia on havaittu hakemistokurissa ja aineiston malliin tuomisessa. Suunnittelijoiden olisi tärkeä ymmärtää, että myös keskeneräinen aineisto on erittäin tärkeä tuoda malliin. Tiedonsiirrossa on ollut ongelmia mittauslaitteiden kanssa, sillä suunnitelmien siirtäminen on ollut haastavaa johtuen ohjelmistojen ja laitteiston yhteensopimattomuudesta. Ratkaisuksi vaaditaan yhteistyötä laite- ja ohjelmatoimittajien kanssa.

Tilaajan puolella ollaan oltu pelkästään positiivisia ja heiltä on saatu hyvää palautetta. Heillä on kuitenkin vielä opeteltavaa kuinka käyttää mallia hyväksi, mikä johtuu heidän tietotekniikan osaamisestaan. Projektipäällikkö uskoo, että tulevaisuudessa konseptista kiinnostutaan varmasti enemmän ja tuotemallipohjainen suunnittelu saadaan osaksi arkipäivää.

Taulukko 2. Yhteenveto projektipäällikön haastattelun pääkohdista.

Koordinointimallin käyttö:	Projektipäällikkö
Erilaisuus verrattuna perinteiseen projektiin	<p>Mallipalaveri 2-3 viikon välein</p> <p>Koordinointimalli esittelymateriaalina kokouksissa</p> <p>Novapoint Site Toolin käyttö suunnitelmia tarkasteltaessa</p>
Yhteistyö osapuolten välillä	Sujunut hyvin
Haasteet	<p>Uusien käytäntöjen opettelu</p> <p>Hakemiston käyttö</p> <p>Aineiston tuominen malliin</p> <p>Mallipohjainen suunnittelu vie enemmän aikaa</p> <p>Yksityiskohtia hiotaan paljon</p> <p>Suunnitelmien siirtäminen mittalaitteisiin</p>
Palaute tilaajalta	Pelkästään positiivista

5.2.2 Mallikoordinaattori

Sepänkylän ohikulkutie -pilotti on mallikoordinaattorille ensimmäinen koordinointimalli, jonka hän on luonut tällä menetelmällä. Koulutuksena taustalla on Virtual Map -peruskoulutus, mutta koulutusta mallintamiseen olisi haluttu lisää. Oikeanlaista kurssia ei ole ollut tarjolla, joten tehokkain apu on saatu Vianovan tuelta.

Suunnitelmat tuodaan malliin joko Novapointin tietokannasta tai dwg-muodossa muista ohjelmista. Mallikoordinaattorilla on ollut käytössä sekä Novapointin- että Teklan ohjelmistoja.

Tiedonsiirto eri osapuolten välillä etsii vielä rutiinejaan. Minkäänlaisia sääntöjä ei ole vielä pilottihankevaiheessa luotu, joten säännöt syntyvät suunnittelun mukana. Haastattelussa todetaan, että sääntöjen luomisprosessissa henkilökemiat ovat erittäin tärkeässä roolissa. Rutiinien ja asenteiden kehittäminen ovat ensimmäiset kehitysaskleet, joita tiedonsiirron saralla täytyisi ottaa.

Vaikeinta eri tekniikkalajien yhdistelemissä malliin on valmiiden kuvausten ja tasojatottelun puuttuminen. Mallikoordinaattori joutuu kehittämään omat kuvaukset ja tavat, miten viedä asioita malliin. Norjassa on käytössä malli, jossa monelle asialle on kehitelty vuosien aikaansaannoksena valmiit kuvaukset. Haastateltava toteaa, että vaikka Norjan malli otettaisiin käyttöön Suomessa, se ei sellaisenaan toimisi. Norjan mallia kannattaa kuitenkin hyödyntää mahdollisuuksien mukaan.

Mallikoordinaattori toteaa saman kuin aikaisemmin tässä työssä todettiin: koordinointimallin etu on eri suunnitelmaosien yhdistäminen samaan malliin. Suunnitelmien yhteensovitus tuo virheet esille paremmin ja malli havainnollistaa suunnitelmia tarkemmin kuin piirustukset. Haasteina koordinointimallissa ovat enemmänkin itse suunnittelu mallin kanssa kuin sen toimiminen suunnittelun apuvälineenä. Mallikoordinaattori tuo myös esille suunnittelijoiden asenteen, jota pitäisi muuttaa, koska he eivät ole valmiita näyttämään keskeneräisiä suunnitelmiaan. Suunnittelun tarkkuusvaatimus muuttuu koordinointimallissa, joten työskentely hidastuu, tämä on otettava huomioon suunnitteluai-

katauluissa. Haastateltava tuo esille haasteen mallikoordinaattorin asemasta – kuka toimii mallikoordinaattorina?

Mallikoordinaattori ei toimi hankkeessa pääsuunnittelijana, mutta pitää yllä mallia, koska hankkeen todellisella pääsuunnittelijalla ei ole osaamista. Mallikoordinaattorin tehtävien lisäksi hän toimii suunnittelijana, projektisihteerinä ja mitta-aineiston vastaavana. Haastateltava kertoo työmäärän lisääntyneen huomattavasti, sillä mallikoordinaattorin työt alkavat vasta muiden töiden jälkeen.

Tilaajan suunnittelupäälliköltä on tullut hyvää palautetta ja hankkeen vastaava on ollut tyytyväinen, kuitenkin haastateltava toteaa, etteivät työmaan työpäälliköt ole aivan sisäistäneet toimintamallia.

Taulukko 3. Yhteenveto mallikoordinaattorin haastattelusta.

Koordinointimallin käyttö:	Mallikoordinaattori
Koulutus koor- dinoointimalliin	Virtual map peruskoulutus
Olisitko halunnut lisää?	Kyllä
Käytettävät oh- jelmistot	Novapointin- ja Teklan ohjelmat
Suunnitelmien tiedostomuoto tuotaessa malliin	Novapoint tietokannat, dwg
Tiedonsiirron toi- mivuus eri osa- puolten välillä	Rutiineja ei vielä ole Sääntöjä tiedonsiirrolle luodaan
Vaikeinta tekniik- kalajien yhdiste- lemisessä	Monelle osalle täytyy kehittää oma kuvaus ja tapa viedä malliin Suomesta puuttuu asioiden valmiit kuvaukset ja tasojaottelut
Hyödyt	Osien yhteensovitus Virheiden havainnointi helpompaa Havainnollisuus
Haasteet	Suunnittelijoiden asenteet Muuttuneen suunnitteluajan huomioiminen aikatauluissa Kuka toimii mallikoordinaattorina?
Työmäärän kasvu	Työmäärä lisääntynyt paljon Mallikoordinaattorin työt alkavat vasta, kun muut työt on hoidettu
Palaute tilaajalta	Tyytyväisiä Työmaan työpäälliköt eivät ole ihan vielä mukana juonessa

5.2.3 Suunnittelijat

Suunnittelijoiden roolit vaihtelevat tekniikkalajien mukaan, jokaisen tehtävänä on kuitenkin tuottaa aineistoa malliin. Kun tiesuunnittelija keskittyy yksityisteihin ja kevyenliikenteen väyliin, geosuunnittelija mallintaa pohjanvahvistukset. Yksi suunnittelijoista mallintaa sekä väyliä että putkistoja Novapointilla, joka on pääasiallinen suunnitteluohjelmisto. Geosuunnittelija käyttää myös AutoCAD-ohjelmaa Novapointin rinnalla.

Tiedonsiirto on toiminut jokaisen suunnittelijan mukaan hyvin. Tietoa on siirretty enimmäkseen dwg-muodossa, mutta muun muassa kantavan ja jakavan yläpinta on siirretty LandXML-muodossa. Väylien ja putkistojen suunnittelija toteaa, että LandXML:n kanssa on kuitenkin tullut ongelmia kirjoitettaessa sitä ulos tietyillä Novapoint versioilla. Tämä on aiheuttanut aukkoja Virtual Mapin kolmiointiin.

Jokainen suunnittelija kertoo, ettei ole saanut erillistä koulutusta koordinointimallin käyttöön. Ainoastaan väylien ja putkiston suunnittelija kertoo saaneensa niukan koulutuksen, mutta hänkin on enimmäkseen oppinut työn kautta. Ainoastaan hänen mielestä koulutusta olisi tarvittu lisää, muiden suunnittelijoiden mielestä se ei ole tarpeellista, koska heidän ei tarvitse sitä käyttää. Suunnittelijoilla on käsitys, että he ovat vain aineiston tuottajia ja mallikoordinaattori tekee kaiken muun, joten heidän ei tarvitse käyttää tai rakentaa mallia.

Tiesuunnittelijat muodostavat suunnitelmista väylämallin, joka viedään Virtual Mapiin, mutta putkistojen tiedot viedään ensin tietokantaan, josta ne saadaan liitettyä vasta Virtual Mapiin. Geosuunnittelija tuottaa aineistonsa Novapointin 3D-suunnittelulla ja sen jälkeen kysyy, missä muodossa mallikoordinaattori tiedon haluaa.

Jokainen suunnittelija mainitsee haastattelussa koordinointimallin hyötyjen olevan havainnollisuus ja visuaalisuus. Koordinointimalli auttaa näkemään suunnitelmat konkreettisemmin, joten myös virheet hahmottuvat paremmin. Koordinointimallin käyttö on haastavaa, koska mallinnuksen täytyy olla erittäin tarkkaa. Yksi suunnittelijoista mainitsee ohjelman olevan kankea ja siitä johtuen tarkka suunnittelu on hankalaa. Myös suunnittelijoiden asenne koettiin haasteena koordinointimallin käytössä, kehitettävää olisi innovatiivisuudessa ja asenteessa 3D-suunnittelussa.

Työmäärä on kasvanut jokaisen suunnittelijan kohdalla, koska heiltä vaaditaan tarkempia suunnitelmia. Myös virheiden etsimiseen ja korjaamiseen menee aikaa, koska väylämalli ei huomaa kaikkia virheitä, vaan ne näkyvät vasta Virtual Mapissä.

Taulukko 4. Suunnittelijoiden vastauksien yhteenveto

Suunnittelijat	Väylä	Väylä & viemäri	Geotekniikka
Käytettävät ohjelmistot	Novapoint 18.10	Novapoint	AutoCAD, Novapoint
Tiedonsiirtomuoto	dwg, pdf, excel	dwg (väylän pinnat ja pohjat) ja landxml (kantavan ja jaka- van yläpinta)	dwg
Tiedonsiirron toimivuus?	Hyvä	Ongelmia esiintynyt tietyillä Novapoint versioilla	Toiminut mallikoordinaattorin kanssa hyvin
Koulutus koordinoitumalliin	Ei	Ei	Ei
Haluaisiko?		Kyllä	Ei tarvitse
Hyödyt	Suunnitelmien hahmottuminen ja konkretisoituminen	Virheet havainnollistuvat	Helpompaa tarkastella risteämäkohdat + visuaalisuus
Haasteet		Pilkun tarkka mallinnus, osittain kankea ohjelma	Vaatii asennetta ja innovatiivisuutta suunnittelijoilta
Työmäärän kasvu	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Miten?	Entistä tarkempi mallinnus	Mallinnus vaatii täydellistä mallia. Virheiden etsiminen Virtual Mapistä vie aikaa	Vaatii tarkempaa suunnittelua

6 Johtopäätökset

6.1 Ramboll

Tässä luvussa kerätään yhteen teorian ja haastatteluiden tulokset, joiden pohjalta Ramboll pystyy kehittämään omaa toimintansa koordinointimalliprojekteissaan. Periaatteena on antaa kehitysideoita tulevaisuuden hankkeisiin.

Pilottikoordinointihankkeessa osapuolilla ei ole ollut erillistä koulutusta koordinointimallin käyttöön, mutta projektin toimivuuden kannalta jokaisen osapuolen tulisi saada peruskoulutus koordinointimallista ja siinä käytettävistä ohjelmista. Suurin osa suunnittelijoista on oppinut työn ohessa käyttämään ohjelmistoja ja siksi luottavat mallikoordinaattorin osaamiseen eivätkä usko tarvitsevänsä lisäkoulutusta. Pilottihankkeen osapuolten taidot ohjelmistojen käytössä vaihtelevat suuresti, muun muassa projektipäällikkö ei käytä Novapointtia, mutta tarkastelee mallia silti Novapoint Site Toolin avulla. Mallikoordinaattori osaa käyttää ohjelmaa hyvin ja hänen puoleen käännytään kysymysten kanssa, mutta tämä tuo lisätyö taakkaa mallikoordinaattorille. Ennen projektin aloittamista on katsastettava suunnittelijoiden taidot eri ohjelmistojen saralta ja mietittävä koulutuksen tarvetta. Yhteinen oikein kohdennettu kurssi koordinointimallihankkeessa toimiville auttaa projektia käynnistymään paremmin ja nopeuttaa uuteen suunnittelumuotoon totumisessa. Osaaminen on tärkein edellytys projektin onnistumiselle.

Koulutus itse koordinointimallihankkeesta ja sen etenemisestä voi olla palaverin omainen, mutta ensisijaista on, että jokainen hankkeen osapuoli on paikalla. Näin projektin vaiheet voidaan käydä tarkkaan läpi ja yksilöidä tehtävät jokaiselle projektin jäsenelle. Tärkeintä on, että projektia aletaan tehdä hyvällä yhteishengellä ja osapuolet tietävät toistensa roolit sekä tuntevat toisensa, näin tiedonkulku ja yhteistyö helpottuvat myöhemmissä vaiheissa.

Työn edistymisen kannalta on tärkeää pitää projektiryhmä yhtenäisenä, jotta yhteistyön sujuu ja tieto kulkee. Norjasta saadun mallin mukaan mallipalavereita on hyvä pitää kahden tai kolmen viikon välein. Palaverissa käydään läpi hankkeen tilanne ja esiintyneet ongelmat. Palaverissa on hyvä päivittää aikataulut ja selkeyttää rooleja sekä tiedottaa projektiryhmää mahdollisista muutoksista ynnä muista. Ensimmäisessä pilottihankkeessa kaikkia sääntöjä ei ole välttämättä vielä luotu, mutta mallipalaveri-

den muistioiden kautta säännöt voidaan luoda seuraavaa projektia varten. Sääntöihin lukeutuvat muun muassa tarkat tiedostomuodot ja tiedonsiirtotavat sekä suunnittelun tarkkuusvaatimukset.

Koordinointimallin luominen vaatii tarkat suunnitelmat, joiden suunnittelemiseen kuluu luonnollisesti enemmän aikaa kuin ennen. Haastatteluiden mukaan eniten aikaa vievät virheiden etsiminen väylämallista ja niiden korjaaminen sekä yksityiskohtien hiominen. Koordinointimallihankkeen aikataulua tehdessä on otettava huomioon muuttuneet suunnittelu-aikataulut. Jos pilottivaiheessa aikataulut osataan suhteuttaa suunnittelijoiden lisääntyneeseen työmäärään, hyödytään menetetyistä ajasta myöhemmin. Ensimmäisissä projekteissa on tärkeää huomioida suunnittelijoiden oppimisprosessi ja siihen kuluva aika. Kun mallintaminen alkaa rutinoitua, mallin hyödyt alkavat näkyä aikatauluissa positiivisesti. Koordinointimalliprojektissa tuloksia saadaan aikaan pitkällä aikavälillä.

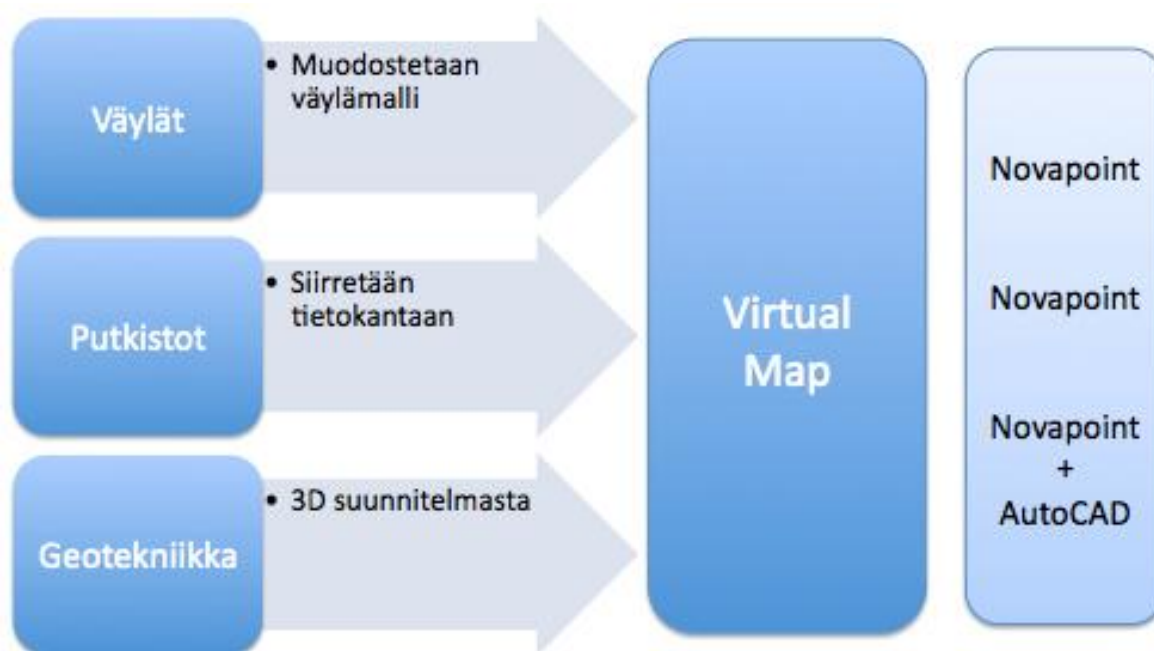
Hankkeen osapuolten roolien jako on tehtävä hyvissä ajoin ennen projektin alkua ja jokaiselle on eriteltävä tehtävät. Sepäнкylän ohikulkutie -projektissa mallikoordinaattori tekee tehtäviään muiden töiden ohessa, joten työmäärä on suuri eikä aikaa ole riittävästi. Mallikoordinaattorilla on erittäin tärkeä rooli projektissa ja hänellä on oltava aikaa tehtävilleen, siksi tulevaisissa projekteissa tämän roolia on pienennettävä muiden hankkeiden osalta. Tulevaisuudessa paras vaihtoehto on, että mallikoordinaattori tekee ainoastaan koordinaattorin töitä, vaikka useammassa projektissa kerrallaan. Näin mallin laatua pystytään parantamaan tarkemman työn kautta. Myös muille suunnittelijoille on asetettava selkeät roolit, jotta työnjako pysyy tasaisena. Kaikkea työtä ei voida sysätä mallikoordinaattorille, vaan eri tekniikkalajien suunnittelijoiden on tehtävä suunnitelmat mahdollisimman viimeistellyksi. Mallikoordinaattorin työhön ei enää kuulu suunnitelmien viimeistely, vaan ainoastaan mallien yhteensovittaminen. Selkeät roolit syntyvät helpoiten jo aloituskokouksessa, jossa samalla jaetaan suunnittelijoille erilliset ohjeet heidän tehtävistään. Kaikki ohjeet, tehtävät ja säännöt kootaan yhteen projektiohjeeksi.

Uuden työskentelymuodon myötä suunnittelijoiden positiivista asennetta on pidettävä yllä. Työmäärän kasvu vaikuttaa suunnittelijoihin negatiivisesti ja kaikki eivät ole motivoituneita uuden opettelemiseen. Projektiryhmän on luotava ympäristö, jossa kannustetaan oppimaan ja sille annetaan aikaa. Tuotemalli on tulevaisuuden työkalu, jota tul-

laan käyttämään pitkään, siksi on tärkeää oppia toimimaan sen kanssa perusteellisesti. Hankkeen osapuolille on hyvä täsmentää, että koordinointimallin ideana on kuitenkin suunnittelun helpottaminen ja että työ tulee helpottumaan alkukankeuden jälkeen. Toinen erittäin tärkeä asia, jota suunnittelijoille tulee painottaa, on keskeneräisen mallin tuominen malliin. Keskeneräinenkin työ on tärkeä tuoda malliin, koska jo siitä voi olla apua muille suunnittelijoille. Koordinointimalli täydentyy vähitellen, joten ensimmäisen version ei tarvitse olla täydellinen. On tärkeää myös ymmärtää, missä vaiheessa rakennusprojektia ollaan menossa. Yleissuunnitelma vaiheessa ei voida mallintaa rakennussuunnitelma tarkkuudella. Usein yleissuunnitelma vaiheessa lähtötiedot ovat epätarkkoja, jolloin myös malli on epätarkka eikä vastaa tarkkuusvaatimuksiltaan rakennussuunnitelman vaatimuksia. Liian tarkasta suunnittelusta liian aikaisessa vaiheessa voi olla vain haittaa.

Kaikkien hankkeen osapuolten on säilytettävä hakemistokuri, mikä tarkoittaa, että tiedostot on tallennettava määrättyihin projektikansioihin sovitulla tiedostonimellä. Hakemistokuri on säilytettävä koko projektin ajan, jotta mallikoordinaattori tietää, mikä on uusin ja päivitetty versio mallista. Ramboll Finland Oy:ssä Espoossa on suunnitteilla systeemi, jossa uusin versio pysyy aina samannimisenä ja vanhoja versioita nimetään uudestaan. Näin malli päivittyy helpommin ja mallikoordinaattorin ei tarvitse etsiä päivitettyä mallia. Ohjelmistojen ja laitteiden kanssa on ilmennyt erilaisia ongelmia, jotka johtuvat yhteensopimattomuudesta. Tästä syystä on syytä luoda enemmän kontakteja laite- ja ohjelmatoimittajiin, joiden kanssa voidaan tehdä yhteistyötä. Laitteiston kehittäminen vie paljon aikaa, mutta yhteistyöstä hyötyvät molemmat osapuolet ideoinnin kannalta.

Tilaaja on ollut erittäin tyytyväinen Sepänkylän ohikulkutie -projektista, mutta on huomattu, ettei tilaaja vielä osaa ottaa kaikkia hyötyjä irti mallista. Tämä riippuu paljon tilaajapuolen tietoteknisestä osaamisesta. Tilaajaa tulee informoida mallin kaikista mahdollisuuksista, jotta se saadaan ”koukkuun”. On tuotava esiin koordinointimallin edut ja miten sitä voidaan hyödyntää erilaisissa ja vaikeissakin projekteissa. Näin tilaaja haluaa ja vaatii jatkossa koordinointimallihankkeita.



Kuvio 18. Suunnitelmien tuominen malliin.

Kuvio 18 näyttää, miten eri tekniikkalajit tuodaan malliin. Mallikoordinaattori pystyy tuomaan väyläsuunnitelmat helposti malliin väylämallin avulla, jonka väyläsuunnittelija on muodostanut. Väylämalli pystytään suoraan siirtämään Virtual Mapiin, mutta putkistot joudutaan kuljettamaan ensin tietokannan kautta ennen kuin ne voidaan liittää. Geotekniikan 3D-suunnitelmat siirretään malliin mallikoordinaattorin ohjeiden mukaisesti.

6.2 InfraFINBIM

InfraFINBIM:n on yleisesti kehitettävä koulutuksen mahdollisuutta tuotemallinnushankkeissa työskenteleville, koulutusmuotona helpointen toimii erikoiskurssi. Koordinointimallikurssi käsittelee yleisesti koordinointimallin hyötyjä ja haittoja sekä keskittyisi mallinnuksen aiheuttamiin ongelmiin kuten ohjelmistojen yhteensopimattomuuteen. Koulutus tulisi suunnata pääasiassa mallikoordinaattoreille, jotta he pystyisivät kehittämään työtään ja siten neuvomaan myös oman projektiryhmänsä muita jäseniä, mutta myös muut mallinnuksen parissa työskentelevät voisivat osallistua kurssille. Kurssien kesto määräytyisi kokeilujen perusteella ja riippuisi tarvittavan avun määrästä.

Suurin kehityssaskel infra-alan tuotemallintamisessa olisi ohjelmistojen yhteensopivuus. Tavoitteen saavuttamiseksi on tehtävä enemmän yhteistyötä laite- ja ohjelmistotoimit-

tajien kanssa. InfraFINBIM:ssä on mukana suuri joukko isoja vaikuttajia, joiden avulla parempi yhteistyö saadaan varmasti aikaan. Yhteistyön tavoitteena on kehittää ohjelmistoja yhteensopivammiksi, jotta esimerkiksi tiedonsiirrossa ei enää kadoteta tietoa matkalla. Laitetoimittajat hyötävät yhteistyöstä myös, koska moni infra-alan yritys tulee siirtymään tuotemallipohjaiseen suunnitteluun viimeistään kun kilpailu niin pakottaa.

6.3 Tulevaisuus

Rambollilla on erittäin hyvät edellytykset siirtyä perinteisestä suunnittelusta tuotemallintamiseen. Osaava henkilöstö alkaa kiinnostua mallintamisesta ja tilaajat ovat valmiina uusiin toimintamuotoihin. Pilottihankkeiden kautta säännöt ja ohjeet muokkautuvat ja mallintaminen alkaa rutinoitua. Yhteistyö InfraFINBIM:n projektin kanssa tuottaa tuloksia muutamassa vuodessa ja infra-ala kehittyä kokonaisvaltaisesti.



Kuvio 19. Tuotemallinnuksen kehittyminen tulevaisuudessa (38).

Koordinointimalli on vain osa tuotemallinnuksen kehitystä. Kuvio 19 nähdään, että tällä hetkellä ollaan 2D-piirustuksissa ja 3D-malleissa, joista halutaan siirtyä koordinoitumalliin (kuvassa 3D Collaboration models). Tulevaisuuden näkymät ovat kuitenkin laajemmat. Koordinoitumallista voidaan siirtyä vielä pidemmälle integroituun yhdistelmämalliin, joka sisältää muun muassa kustannukset, riskit ja toteutusaikataulut. Integroidun yhdistelmämallin hyötyjä tuotannonohjauksessa ovat muutoksien hallinta sekä

nopea tilanteen hahmotus, jonka avulla kokonaisuutta pystytään hallitsemaan paremmin. Tämä kuitenkin on vielä tällä hetkellä kaukana tulevaisuudessa. Koordinointimalliin siirtyminen on etusijalla, jonka jälkeen voidaan miettiä entistä edistyneempää mallia. (38;39.)

Taulukko 5. Uuden suunnittelutavan käyttöönoton riskejä (40).

Aikataulu- ja kustannusarviot liian optimistisia
Oppiminen ja kehittäminen ovat hitaampaa ja kalliimpaa kuin osattiin odottaa
Puutteellinen yhteistyö käyttöönotossa
Yhteensopivia ohjelmistoja ei löydy tai niitä ei oteta käyttöön tarpeeksi nopeasti
Puutteellinen koulutus ja viestintä
Alan toimijat jarruttavat muutosta
Tukipalvelujen saatavuus

Uuteen suunnitteluprosessiin siirryttäessä eteen tulee eittämättä riskejä, jotka on hyvä tunnistaa jo etukäteen, jotta niihin voidaan varautua. Jos riskit osataan ennakoida, haitat pystytään minimoimaan. Taulukossa 5 on lueteltu yleisemmät riskit, jotka tulevat koordinointimalliin siirtymisen mukana, näistä osa on tullut esiin jo johtopäätöksissä. Rambollin on valmistauduttava riskeihin ja ennakoivalla toiminnalla estettävä ne mahdollisuuksien mukaan.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin, miten tuotemallinnusprosessia voidaan kehittää Rambollilla. Tutkimuksen tavoitteena oli kerätä kehitysideoita, joiden avulla prosessia voidaan parantaa. Tavoite saavutettiin haastatteluiden avulla, joihin vastasi osa pilottihankkeen projektiryhmästä. Haastatteluista saatiin uusinta tietoa koordinoitumallin toimivuudesta ja ongelmista, minkä pohjalta ideat syntyivät. Haastatteluiden tuloksien pohjalta voitiin todeta, että koulutusta on lisättävä sekä ohjelmistojen yhteensopivuutta parannettava. Lisäksi seuraavissa hankkeissa on aikatauluissa otettava huomioon oppimiseen kuluva aika ja painotettava suunnittelijoille hakemistokurista sekä asenteesta koordinoitumallia kohtaan. Tutkimuskysymykseen pystyttiin vastaamaan kehitysideoiden kautta.

Tutkimusmenetelmää rajoitti hiukan haastatteluvastauksien niukkuus ja se, ettei haastateltavia päästy haastattelemaan kasvotusten. Tarvittavia jatkokysymyksiä ei päästy kysymään, koska käytössä olivat kysymyslomakkeet, joihin vastattiin sähköisesti. Seuraavassa tutkimuksessa tulisi varmistaa vastauksien määrä ja laatu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Tutkimus antaa uutta informaatiota koordinoitumallin kehittämistä varten, koska pilottihankkeita on Suomessa käynnissä vain muutama ja niistä ei ole vielä annettu julkisuuteen paljon tietoa. Tuloksia voidaan yleistää kaikissa infrahankkeissa, joissa koordinoitumalli on jo käytössä. Tällöin hyödytään kehitys- ja parannusehdotuksista. Työstä on myös hyötyä harkittaessa koordinoitumallin käyttöönottoa tulevaisuudessa. Raportissa tutkittiin koordinoitumallin hyötyjä verrattuna perinteisiin menetelmiin, näitä pystytään käyttämään hyväksi erilaisissa esittelytilaisuuksissa ja siten mainostamaan mallin etuja.

Jatkotutkimusaiheena tulisi tutkia koulutukseen tarvittavaa sisältöä sekä Suomen mahdollisuuksia nousta Norjan rinnalle tuotemallin kehittyneessä käytössä. Lisäksi koordinoitumallista tarvitaan kattava ohje, miten edetä suunnitteluvaiheesta toiseen, tätä suunnittelijat tarvitsisivat omassa työskentelyssään.

Taulukko 6. Kehitysideat koottuna yhteen.

Erillinen koulutus
Ohjelmistojen käytöstä ja koordinoitimaalista
Yhteistyön hallinnoiminen
Tiedonsiirtotavat
Mallipalaveri
2-3 viikon välein
Suunnittelusääntöjen luominen
Mainitaan projektiohjeessa
Aikataulun joustavuus
Otettava huomioon oppimiseen kuluva aika
Selkeät roolijaot
Suunnittelijoiden asenteen ylläpito
Yhteistyö ohjelmistotoimittajien kanssa
Tilaajan motivointi koordinoitihankkeisiin

Viiteluettelo

1. Junnonen, Juha-Matti. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy, Vammalan kirjapaino Oy
2. Saksi Ville – Laatunen Kimmo, VR Track Oy, 2011, Tiikerinloikka tuotemallilla – Infra FINBIM tulevaisuuden aseeksi?, Powerpoint –esitys
3. von Schantz Niklas, RambollFinland Oy, 2011, Tuotetietomalli – teoriasta käyttöön, Powerpoint esitys
4. Rakennustieto kotisivut, InfraBIM
<http://www.rts.fi/infrabim/INBIM_mallinnusvaatimukset270111.pdf> Verkkodokumentti 3.2.2012
5. Rambollin kotisivut <<http://www.ramboll.fi/>> Verkkodokumentti 20.2.2012
6. Piironen Heidi ja Laine Silja, Projektityö: 3D Väyläsuunnittelussa, Ramboll 2010
7. Tuhola Esa – Viitanen Kristiina, 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä
8. Maisema arkkitehtuuri Iivo Vänskä, Tietokoneavusteinen suunnittelu
<<http://www.maisema-arkkitehtuuri.com/sorvali/tietomallinnus/tietokoneavusteinen.html>> Verkkodokumentti 25.1.2012
9. Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 2006, Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, Tammer-Paino Oy, Tampere
10. Norjan tiehallinnon ohjekirja HB 138:tietomallit
11. Koordinointimallit, Vianova 2009, Powerpoint – esitys
12. Kukkonen Reijo, 2010, Tuotemalli infra-alalla, Sito, Powerpoint – esitys
13. Tekes, Helsinki 2006, Infra – Rakentaminen ja palvelut 2001–2005, Teknologiaohjelmaraaportti 4/2006
14. Liukas Juha, Sito Oy, ja Niskanen Jari, Vianova Systems Finland Oy, 2008, Infra-tuotemallin hyödyt, PowerPoint-esitys
15. Juha Hyvärinen VTT, 2011, Finnish InfraBIM Activities & Finnish Inframodel, Powerpoint-esitys

- <http://www.rts.fi/infrabim/nordic20111130/buildingSMART_InfraFINBIM_WS_20111130_Hyvarinen.pdf> Verkkodokumentti 3.2.2012
16. Torbjörn Tveiten, ViaNova Plan and Traffic, Norja, 2010, BIM in Civil Projects, Powerpoint-esitys
 17. Apilo Laura, Ramboll, 11.10.2010, Elinkaariaikaisen Tiedonhallinnan hyödyntäminen infra-alalla, <<http://www.asuntotieto.com/INFRA2010/Aineisto/11-10-06/Ramboll.pdf>> Verkkodokumentti 20.1.2012
 18. Niskanen Jari, 2010, Tutustumismatka tietomallien ja koneohjauksen käyttöön Norjan infrahankkeissa, Vianova, Powerpoint – esitys
 19. Maastomalli
<http://www.oulu.fi/astronomy/planetology/Kaukok/Maastomalli_vikstedt/maastomalli.html> Verkkodokumentti 25.1.2012
 20. InfraModel2 kotisivut
<http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/documentation/material/DocFin/IM2_2_Surfaces.html> Verkkodokumentti 27.1.2012
 21. Pöyry Suomi kotisivut
<http://www.poyry.fi/Toimialat_ja_palvelut/Vesi_ja_ymparisto/Vesi_ja_ymparistotekniikka/Geotekninen_suunnittelu.html> Verkkodokumentti 27.1.2012
 22. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2006, RIL 165-2 Liikenne ja Väylät II, Otavan kirjapaino Oy, Helsinki
 23. Tielaitos, 2000, Siltojen suunnitelmat, Edita Oy, Helsinki
 24. Tiehallinto, 2005, Siltasuunnittelun lähtötiedot, Edita Prima Oy, Helsinki
 25. MT 2955 Hälvälän koulun alikulku – kokousmuistiinpanot
 26. Liikenneviraston kotisivut, julkaisut
<http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-43_siltojen_rakentamisen_web.pdf> Verkkodokumentti 3.2.2012
 27. Helsingin Kaupunki, Kaupunkisuunnitteluvirasto
<<http://www.hel.fi/hki/ksv/fi/Liikennesuunnittelu>> Verkkodokumentti 27.1.2012
 28. Tiehallinto, 2006, Valtatie 8 parantaminen välillä Kotiranta-Stormosson, Vaasa, Mustasaari <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=58571&lan=FI>> Verkkodokumentti 7.3.2012

29. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, 2010, Tiesuunnitelmaselostus, Valtatie 8 välillä Kotiranta - Stormossen, Vaasa ja Mustasaari
30. Tiehallinto, 2007, Vaasan ja Mustasaaren tie- ja katuverkkoselvitys.
<http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/vaasa-mustas_tiekatu.pdf> Verkkodokumentti 15.2.2012
31. Havainnekuva Sepänkylän ohikulkutiestä, Ely-kotisivut
<http://ely.combo.fi/fi/tiedotepalvelu/2010/Documents/havainnekuva_2.JPG> Verkkodokumentti 7.3.2012
32. Liikennevirasto, <http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/uutiset/2011/7-82011/20110829_sepankyla> Verkkodokumentti 15.2.2012
33. Liikennevirasto,
<http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/kaynnissa/sepankylan_ohikulkutie/vaikutukset> Verkkodokumentti 15.2.2012
34. Parantala Seppo, 2011, Vt8 Sepänkylän ohitustie FINBIM-pilotti, Suunnittelijan-tehtävät
35. Aho Mika, 2010, Diplomityö: Tietomallipohjaisen rakennusprojektin määrien hallinta ja hyödyntäminen rakennustuotannossa,
<http://webhotel2.tut.fi/vblab/prodigi/images/3/3b/MikaAho_Di_final.pdf> Verkkodokumentti 29.2.2012
36. Viitala Tiia, 2011, Opinnäytetyö, Novapoint-oppimisympäristö
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/37302/Viitala_Tiia.pdf?sequence=1> Verkkodokumentti 29.2.2012
37. Rakennustieto kotisivut, InfraBIM
<http://www.rts.fi/infrabim/tuote_ja_tietomallinnus.htm> Verkkodokumentti 3.2.2012
38. von Schantz Niklas, Ramboll Finland Oy, 15.12.2011, 3D tuotemallinnus infra-suunnittelussa, PowerPoint-esitys
39. Sireeni Jarkko, Vianova Systems Finland Oy, 22.10.2009, Koordinointimallit infra-hankkeissa, PowerPoint-esitys
40. Infra-alan tuotetietomalliselvitys, 2006
<http://cic.vtt.fi/projects/infrapdm/Download/InfraPDM_20061011_taustaineisto.pdf> Verkkodokumentti 27.3.2012
41. Sepänkylän ohikulkutie – työkansio
42. Rambollin työkansio, Norjassa mallinnettu koordinointimalli alikulkuhankkeesta

43. Vianova kotisivut <<http://www.vianova.fi/Tuotteet/Novapoint/Novapoint-Site-Tool>> Verkkodokumentti 10.4.2012
44. Wikipedia <http://fi.wikipedia.org/wiki/Valtatie_8> Verkkodokumentti 10.4.2012

Haastattelu lomake: Projektipäällikkö

Haastattelulomake Ramboll Finland Oy:n Sepänkylän ohikulkutie projektin projektipäällikölle.

Ramboll Finland Oy projektipäällikkö

Nimi:

Hanke:

Päiväys:

Kirjoittakaa vastauksenne kysymysten alle koneella kirjoittaen. Vastausten pituudella ei ole maksimi rajaa.

-
1. Onko koordinoitumalliprojektin läpivieminen erilaista kuin perinteisin menetelmin suunnitellun projektin läpivieminen (projektipäällikön näkökulmasta)? Miten?
-

-
2. Miten olette kokeneet yhteistyön sujuneen suunnitteluryhmän osapuolten välillä? Kehitettävää?

-
3. Mitä vaikeuksia/haasteita löydätte koordinoitumallin käytöstä verrattuna perinteiseen suunnitteluun? Miten niitä voitaisiin kehittää?
-

-
4. Millaista palaute tilaajan puolelta on ollut? Saisiko konseptia myytyä myös muille tilaajille?
-

-
5. Jos kysymykset herättivät muita kommentteja/ideoita, voitte vapaasti kirjoittaa ne tähän:

Haastattelulomake: Mallikoordinaattori

Haastattelulomake Ramboll Finland Oy:n Sepänkylän ohikulkutie projektin mallikoordinaattorille.

Ramboll Finland Oy mallikoordinaattori

Nimi: _____
Hanke: _____
Päiväys: _____

Kirjoittakaa vastauksenne kysymysten alle koneella kirjoittaen. Vastausten pituudella ei ole maksimi rajaa.

6. Kuinka kauan olette käyttäneet koordinointimallia? Saitteko siihen erillistä koulutusta?

Jos kyllä, olisitteko halunneet enemmän?

Jos ei, olisitteko halunneet/tarvinneet?

7. Mitä suunnitteluohjelmistoja käytätte?

8. Miten tuotte eri suunnitelmat malliin? Mikä on tiedostomuoto?

9. Miten olette kokeneet tiedonsiirron toimineen eri osapuolten välillä? Kehitettävää?

10. Mikä on vaikeinta eri tekniikkalajien yhdistelemisessä malliin? Miten sitä voitaisiin parantaa?

11. Mitä hyötyä koordinoitumallista on verrattuna perinteisiin suunnittelu-menetelmiin?

12. Mitä vaikeuksia/haasteita löydätte koordinoitumallin käytöstä verrattuna perinteiseen suunnitteluun? Miten niitä voitaisiin kehittää?

13. Onko työmääräsi pääsuunnittelijana kasvanut? Miten?

14. Millaista palaute tilaajan puolelta on ollut? Saisiko konseptia myytyä myös muille tilaajille?

15. Jos kysymykset herättivät muita kommentteja/ideoita, voitte vapaasti kirjoittaa ne tähän:

Haastattelu lomake: Suunnittelijat

Haastattelulomake Ramboll Finland Oy:n suunnittelijoille Sepänkylän ohikulkutie projektissa.

Ramboll Finland Oy suunnittelijat

Nimi:

Hanke:

Päiväys:

Kirjoittakaa vastauksenne kysymysten alle koneella kirjoittaen. Vastausten pituudella ei ole maksimi rajaa.

1. Kuvaa tehtävääsi hankkeessa ja 3D-suunnittelun laajuus (esim. mallinnettavat osat).

2. Mitä suunnitteluohjelmistoja käytätte?

3. Mitä tiedonsiirto tapaa käytätte eri osapuolten välillä (esim.dwg)? Miten tiedonsiirto on toiminut?

4. Kuinka kauan olette käyttäneet koordinoitumallia? Saitteko siihen erillistä koulutusta?

Jos kyllä, olisitteko halunneet enemmän?

Jos ei, olisitteko halunneet/tarvinneet?

5. Mitä hyötyä koordinoitumallista on verrattuna perinteisiin suunnittelumenetelmiin?

6. Mitä vaikeuksia/haasteita löydätte koordinoitumallin käytöstä verrattuna perinteiseen suunnitteluun? Miten niitä voitaisiin kehittää?

7. Onko työmääräsi kasvanut? Miten?

8. Jos kysymykset herättivät muita kommentteja/ideoita, voitte vapaasti kirjoittaa ne tähän: